

O Controlo da Qualidade e Manutenção na Gestão Energética Associada à Redução de Custos Mediante a Implementação de Princípios Lean e Ferramentas da Qualidade

Pedro Henrique Nunes Caldas Wermelinger Barandier

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
2º ciclo de estudos

Orientador: Prof. Doutor António João Marques Cardoso

dezembro de 2020

Agradecimentos

A Deus, que sempre esteve comigo e me deu forças e intrepidez para que eu continuasse seguindo inabalavelmente em frente.

Aos meus pais e à minha irmã que, apesar da distância, sempre me apoiaram em todos os momentos e acreditaram em mim mesmo quando nem eu mesmo acreditava.

Aos meus avós, por cada ensinamento, por sempre me encorajarem a perseguir os meus sonhos e por sempre se lembrarem de mim, em suas orações.

À Cátia Fonseca, pelo cuidado, pelas constantes e afetuosas palavras de incentivo, e por todo amor ao longo deste percurso.

A todos os professores e colegas que estiveram comigo nesta jornada, em especial ao Professor Doutor António João Marques Cardoso, pelo profissionalismo e competência, infundável orientação e por todas as diretrizes, ensinamentos e ideias.

Ao Departamento de Serviços Técnicos da UBI, em especial ao Sr. Eng.º José Cruz e ao Sr. Coordenador de Serviços Técnicos Paulo Casalta, pela gentileza na disponibilidade para orientação e instruções no ambiente de estudo, fornecimento de dados e constante esclarecimento de dúvidas.

E também, ao Sr. Vice-Reitor, Professor Doutor Mário Raposo, pela oportunidade concedida.

Resumo

No último século, a energia elétrica deixou de ser um recurso de luxo e tornou-se um bem indispensável para a manutenção da sociedade, o que elevou significativamente o seu consumo, sobretudo nas últimas décadas, com o advento e evolução das novas tecnologias.

Todavia, este consumo apresenta significativas oportunidades de redução e melhorias, principalmente na questão da eficiência energética, uma vez que muitas organizações ainda tratam os custos referentes a tal consumo, como custos fixos, ao invés de tratá-los da mesma forma que os outros dispêndios, tais como mão de obra e matérias-primas, por exemplo, ou seja, custos variáveis.

Deste modo, estas oportunidades têm sido progressivamente alvos de investimentos e pesquisas, sendo estes fomentados inclusive, pelas vigentes regulamentações determinadas pelos governos, para que, assim, um desenvolvimento sustentável seja alcançado mediante a obtenção de um retorno económico, sem que os fatores sociais e ambientais sejam comprometidos.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em, através da consideração de um caso de estudo - Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade da Beira Interior (UBI) – aplicar o controlo de qualidade na gestão energética das instalações da FCS-UBI, a fim de aumentar a eficiência energética do edifício e, conseqüentemente, reduzir os seus custos por intermédio da implementação de recursos como os princípios Lean, Six Sigma, ferramentas da qualidade e uma estratégia de manutenção condicionada.

Palavras-chave

Gestão Energética; Controlo da Qualidade; Eficiência Energética; Lean Manufacturing; Six Sigma; Ferramentas da Qualidade; Manutenção Condicionada.

Abstract

In the last century, electrical energy has ceased to be a luxury resource and has become an indispensable asset for the maintenance of the society, which has significantly increased its consumption, mainly in the last decades, with the advent and evolution of new technologies.

However, this consumption presents significant opportunities for reduction and improvement, mainly in the area of energy efficiency, as many organizations still manage the costs related to such consumption as fixed costs, instead of dealing with them the same way as the other outlays, such as labor and raw materials, for example, that are considered as variable costs.

Thereby, these opportunities have been progressively aimed by investments and research, being even fostered, by the current regulations determined by the governments, in order to achieve a sustainable development, by obtaining an economic return, without the compromise of the social and environmental factors.

In this context, the objective of the present work consists of, through the consideration of a case study - Faculty of Health Sciences (FCS) of the University of Beira Interior (UBI) - applying quality control in the energy management of FCS-UBI facilities, in order to increase the efficiency of the building and, consequently, reduce costs through the implementation of resources such as Lean principles, Six Sigma, quality tools and an on-condition maintenance strategy.

Keywords

Energy Management; Quality Control; Energy Efficiency; Lean Manufacturing; Six Sigma; Quality Tools; On-Condition Maintenance.

Índice

1	Introdução	18
1.1.	Controlo da Qualidade.....	20
1.1.1.	Qualidade	20
1.1.2.	Metodologias do Controlo de Qualidade	20
1.1.3.	Ferramentas da Qualidade	24
1.2.	Manutenção.....	26
1.2.1.	Caracterização.....	26
1.2.2.	Estratégias da Manutenção	27
1.3.	Lean Manufacturing	28
1.3.1.	Conceitos e Princípios	28
1.3.2.	Ferramentas	29
1.4.	Gestão Energética	31
1.4.1.	Caracterização.....	31
1.4.2.	Desempenho Energético de uma Organização	31
1.4.3.	Eficiência Energética	32
1.4.4.	Indicadores de Desempenho Energético.....	33
1.4.5.	Uso da Energia.....	35
1.4.6.	Políticas Energéticas.....	36
1.4.7.	Planeamento da Gestão Energética na Organização	36
1.4.8.	Revisão Energética	37
1.4.9.	Auditoria Energética.....	38
2	Caso de Estudo.....	41
2.1.	O Ambiente de Estudo.....	41
2.1.1.	Caracterização do Ambiente de Estudo	42
2.2.	Apresentação e Análise dos Dados	44
2.2.1.	Dados Coletados	44
2.2.2.	Análise dos Dados	44
3	Propostas de Melhorias	58
3.1.	Substituição de Equipamentos AVAC.....	58
3.2.	Implementação de Novas Tecnologias.....	59
3.2.1.	<i>Smart Meters</i>	59
3.2.2.	<i>Tecnologias de Controlo KNX</i>	60
3.3.	Implementação de Painéis e Termoacumuladores Fotovoltaicos	70
3.4.	Implementação de Turbinas Eólicas	77
3.5.	Pavegen	82
3.6.	Verificação de Isolamento Térmico.....	83
4	Conclusões	84
4.1.	Propostas de Trabalhos Futuros	89

Referências.....	91
Anexos	97
Anexo I.....	97
Anexo II.....	98
Anexo III	101
Anexo IV.....	104
Anexo V	107
Anexo VI.....	108
Anexo VII	109

Lista de Figuras

FIGURA 1: CICLO PDCA [18].	22
FIGURA 2: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE NOS PROCESSOS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE [25].	25
FIGURA 3: CONCEITO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO [48].	32
FIGURA 4: FASES DA EXECUÇÃO DE UMA AUDITORIA ENERGÉTICA	38
FIGURA 5: FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, UBI. [58]	41
FIGURA 6: DISPOSIÇÃO DOS CONSUMOS ELÉTRICOS DA CANTINA E BAR.	46
FIGURA 7: CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DOS EQUIPAMENTOS DA CANTINA AO LONGO DOS MESES.	47
FIGURA 8: CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DOS EQUIPAMENTOS DO BAR AO LONGO DOS MESES.	47
FIGURA 9: CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DO AVAC NA CANTINA E BAR AO LONGO DOS MESES.	48
FIGURA 10: DISPOSIÇÃO DOS CONSUMOS ELÉTRICOS DO BIOTÉRIO.	48
FIGURA 11: CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DO AVAC NO BIOTÉRIO AO LONGO DOS MESES	49
FIGURA 12: CONSUMO ELÉTRICO GERAL DOS CHILLERS.	49
FIGURA 13: CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DOS CHILLERS GAA1 E GAA2 AFERIDOS EM KWH E TEMPERATURAS MÉDIAS EM ° C DA COVILHÁ NO RESPECTIVO PERÍODO.	50
FIGURA 14: PROGRESSÃO DO CONSUMO ELÉTRICO MÉDIO DA ILUMINAÇÃO, TOMADAS E EQUIPAMENTOS AO LONGO DO ANO.	52
FIGURA 15: CONSUMO MÉDIO ANUAL DE GÁS PROPANO DE TODAS AS INSTALAÇÕES DA FCS.	54
FIGURA 16: PROGRESSÃO DO CONSUMO DE GÁS PROPANO MÉDIO DA FCS EM M ³ AO LONGO DO ANO. ...	54
FIGURA 17: RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO MÉDIO DE GÁS PROPANO DA FCS EM M ³ E AS TEMPERATURAS MÍNIMAS DA COVILHÁ EM ° C AO LONGO DO ANO.	55
FIGURA 18: PROGRESSÃO DO CONSUMO DE GÁS PROPANO MÉDIO DA CANTINA EM M ³ AO LONGO DO ANO.	55
FIGURA 19: CONSUMO MÉDIO TOTAL DA FCS POR ANO.	57
FIGURA 20: MODELOS DE SMART METER [60][61].	59
FIGURA 21: ESTRATÉGIA I DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO [63].	61
FIGURA 22: MODELOS DE DALI GATEWAY [65][66].	62
FIGURA 23: ESTRATÉGIA II DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO [63].	63
FIGURA 24: MODELOS DE DETETORES DE PRESENÇA [67].	63
FIGURA 25: ESTRATÉGIA III DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO [67].	64
FIGURA 26: ESTRATÉGIA IV DE CONTROLO DE ILUMINAÇÃO [67].	65
FIGURA 27: INCIDÊNCIA DA LUZ EM PERSIANAS AUTOMÁTICAS [67].	65
FIGURA 28: MODELOS DE CONTROLADORES [68][69].	66
FIGURA 29: MODELOS DE VÁLVULAS ELETROMOTRIZES [70][71].	66
FIGURA 30: MODELO DE ATUADOR PARA CONTROLO DA TEMPERATURA [72].	67
FIGURA 31: CONTROLO AUTOMÁTICO DAS PERSIANAS. [63].	68
FIGURA 32: ALGORITMO DO CONTROLO DE OCUPAÇÃO DA SALA.	69
FIGURA 33: VISTA DE SATÉLITE DAS INSTALAÇÕES DA FCS.	71
FIGURA 34: IMAGEM DE SATÉLITE DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DOS TERMOACUMULADORES.	74
FIGURA 35: ANÁLISE DO SOMBREAMENTO ENTRE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS [74].	74
FIGURA 36: CUSTOS ANUAIS EM 2018 DAS VÁRIAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS [75].	76
FIGURA 37: POSSÍVEIS ÁREAS PARA REFLORESTAMENTO DAS ÁRVORES.	76
FIGURA 38: VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS NA COVILHÁ AO LONGO DO ANO [73].	77
FIGURA 39: ESQUEMA DE TURBINAS EÓLICAS NA COBERTURA DO PRÉDIO [76].	78
FIGURA 40: POSSÍVEIS ÁREAS DE INSTALAÇÃO DAS TURBINAS EÓLICAS.	78
FIGURA 41: TIPOS DE TURBINAS EÓLICAS MAIS APLICÁVEIS A AMBIENTES URBANOS [76].	79
FIGURA 42: DIREÇÕES DOS VENTOS NA COVILHÁ AO LONGO DO ANO [73].	80
FIGURA 43: COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DE ENERGIA GERADA ENTRE UMA TURBINA DE DARRIEUS, UMA TURBINA DE SAVONIUS E UM PAINEL FOTOVOLTAICO [76].	81
FIGURA 44: PAVEGEN NA UNIVERSIDADE DE BIRMINGHAM [78].	82

Lista de Tabelas

TABELA I: MODELOS DE CICLOS DA METODOLOGIA SIX SIGMA.	23
TABELA II: CONSUMO CANTINA E BAR, BIOTÉRIO E CHILLERS EM KWH.	51
TABELA III: CONSUMO GERAL DE ILUMINAÇÃO, TOMADAS E EQUIPAMENTOS EM KWH.	52
TABELA IV: CONSUMO DE GÁS PROPANO DA CANTINA E FCS.	53
TABELA V: IRRADIÂNCIA MÉDIA DIÁRIA POR MÊS [73].	70
TABELA VI: DIMENSÕES DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.	72
TABELA VII: CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	72
TABELA VIII: ENERGIA GERADA DIARIAMENTE DE ACORDO COM O PERÍODO DO ANO E CUSTOS DE AQUISIÇÃO POR NÚMERO DE PAINÉIS.	73
TABELA IX: NÚMERO DE TERMOACUMULADORES INSTALADOS NA COBERTURA PARA AQS.	75
TABELA X: POSSIBILIDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DE TURBINAS EÓLICAS.	79

Lista de Acrónimos

AP	Acordo de Paris
PNEC 2030	Plano Nacional de Energia e Cima 2030
RNC 20250	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
GEE	Gases do Efeito Estufa
FCS	Faculdade de Ciências da Saúde
UBI	Universidade da Beira Interior
ISO	International Organization for Standardization
EN	Europe Normalization
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
VSM	Value Stream Mapping
PIB	Produto Interno Bruto
IDE	Indicador de Desempenho Energético
PCR	Percentual de Consumo no Período Reservado
PCT	Percentual do Consumo Total
CMM	Consumo Médio por Metro Quadrado
CMP	Consumo Médio por Pessoa
USE	Uso Significativo da Energia
SGE	Sistema de Gestão da Energia
IPC	Instituto Politécnico da Covilhã
IUBI	Instituto Universitário da Beira Interior
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
UTAS	Unidades de Tratamento de Ar
UTANS	Unidades de Tratamento de Ar Novo
LED	Lighting Emitting Diode
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
AQS	Água Quente Sanitária

1 Introdução

Atualmente, o mundo necessita de um constante e ininterrupto fornecimento de energia elétrica, de modo que esta se tornou um bem comum e fundamental para a manutenção da sociedade em todos os setores. A energia elétrica constitui, assim, um recurso indispensável à vida moderna e que deve ser gerido para que seja utilizado de forma eficiente [1].

Embora a demanda energética se apresente progressivamente maior, o vigente consumo revela um grande potencial para a sua redução, o que reforça continuamente a importância de investimentos e pesquisas na área da gestão energética, que além dos retornos económicos, apresenta também benefícios de carácter ambiental e social, salvaguardando, assim, um desenvolvimento sustentável [2].

A eficiência energética começou a ser objeto de análise apenas na segunda metade do século XX, mais precisamente durante a década de 1970, devido à crise do petróleo. Desde então, os esforços para uma redução dos dispêndios energéticos associados a uma responsabilidade para com o meio ambiente, tem sido cada vez maiores, tanto por meio da utilização de sistemas mais eficientes, quanto do desenvolvimento de sistemas de energias renováveis [3][4].

Desta forma, tais ideias têm sido, inclusive, impulsionadas pela União Europeia por meio da adoção de diversas estratégias e diretrizes, tais como, o pacote legislativo “Energia Limpa para todos os europeus”, conforme o Acordo de Paris (AP) de 2015, que visa a descarbonização das economias mundiais [5][6].

Para que tais medidas sejam cumpridas, foi criado, em Portugal, o Plano Nacional de Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030), divulgado em 2019, com base nas normativas impostas pelo parlamento europeu em dezembro de 2018. O Plano contempla cinco propósitos: descarbonização; eficiência energética; segurança interna de abastecimento; mercado interno da energia e investigação, inovação e competitividade [7].

Juntamente com o PNEC, foi elaborado o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), onde é estabelecido pelo governo português, o compromisso de atingir um balanço neutro entre as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e o embargo de carbono. Para isso, é necessário efetuar reduções substanciais das emissões de GEE. A fim de que estas sejam possíveis, é imprescindível que todos os setores da economia contribuam, desde a agricultura até as indústrias, sendo particularmente enfatizados, o setor de produção de eletricidade e de transportes [8].

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em, através da consideração de um caso de estudo - Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade da Beira Interior (UBI) – aplicar o controlo de qualidade na gestão energética das instalações da FCS – UBI, a fim de aumentar a eficiência energética do edifício e, conseqüentemente, reduzir os seus custos por

intermédio da implementação de recursos como os princípios Lean, Six Sigma, ferramentas da qualidade e uma estratégia de manutenção condicionada.

Para o efeito, foram realizadas auditorias, analítica e deambulatória, sendo ambas alicerçadas nas normas ISO 9001 e ISO 50001, referentes às normas portuguesas de gestão da qualidade e gestão energética, respetivamente. Desta forma, pretende-se assegurar a fiabilidade e manutenção adequada do edifício, garantindo, assim, a sua disponibilidade máxima, a minimização dos custos de manutenção, bem como das perdas e desperdícios.

O presente trabalho, encontra-se estruturado em quatro capítulos, designadamente:

- **Capítulo 1: Introdução** - onde são expostos, o cenário atual em relação às vigentes políticas portuguesas, os objetivos do trabalho e uma breve revisão da literatura na qual este trabalho é fundamentado. Tal revisão, compreende os tópicos referentes ao Controlo da Qualidade, Filosofia *Lean* e Gestão Energética.
- **Capítulo 2: Caso de Estudo** - neste capítulo, é realizada uma caracterização do caso de estudo, seguida de uma apresentação dos dados coletados e uma descrição das metodologias e ferramentas utilizadas para a sua análise.
- **Capítulo 3: Propostas de Melhorias** - a partir das análises realizadas no Capítulo 2, é possível identificar oportunidades de melhorias em diferentes contextos, sendo este capítulo constituído pela descrição de tais oportunidades.
- **Capítulo 4: Conclusões** - com base nas oportunidades de melhorias identificadas a partir dos dados coletados, este capítulo refere-se às conclusões obtidas com a realização do presente estudo. Entretanto, visto que tais oportunidades identificadas foram abordadas de uma forma geral, são também apresentadas possíveis propostas de trabalho futuro para estudos mais detalhados.

1.1. Controlo da Qualidade

1.1.1. Qualidade

De acordo com a Norma ISO 9001 [9], a qualidade representa o grau em que determinado conjunto de atributos inerentes a determinado produto, processo ou sistema, satisfaz as condições e requisitos pré-estabelecidos. Segundo a filosofia japonesa, a qualidade é a ausência de defeitos durante o desempenho de determinada tarefa, concluindo-a com êxito e apenas uma vez [10].

O Controlo da Qualidade fundamenta-se num sistema de atividades técnicas, aplicadas para que a qualidade de determinado produto, serviço ou sistema seja, não apenas obtida, mas também mantida, com foco na melhoria contínua e na prevenção de defeitos em todos os níveis e funções da organização. A garantia da qualidade é, de uma forma geral, a prevenção de problemas deste âmbito, mediante atividades planeadas e sistemáticas, incluindo a documentação [11][12].

Tais atividades compreendem, o estabelecimento de um sistema de gestão da qualidade eficiente e a avaliação do seu ajustamento, uma auditoria das operações do sistema, e a revisão do próprio sistema. Estas atividades podem incluir desde métodos gerais, tais como, verificações precisas na aquisição de dados e seus respetivos cálculos, arquivamento de informações e relatórios, até métodos mais específicos, como análises técnicas dos dados de atividade e fatores de emissões, e/ou, outros métodos e parâmetros de estimativa [13].

Para que uma determinada empresa constitua um controlo da qualidade adequado, devem-se cumprir determinados protocolos, sendo estes, constituídos por metodologias e a devida utilização das ferramentas. As metodologias caracterizam-se por uma sucessão de eventos lógicos utilizados para atingir o objetivo almejado; já as ferramentas, são mecanismos empregues na metodologia [14].

1.1.2. Metodologias do Controlo de Qualidade

1.1.2.1 PDCA

De acordo com Andrade [15], o PDCA é um método elaborado durante a era do controlo estatístico de processos por Walter Shewhart. Entretanto, tal recurso só foi realmente difundido no Japão nos anos 1950 por William. E. Deming, que refinou o trabalho inicial de Shewhart.

O PDCA é uma metodologia de gestão de processos ou sistemas, constituída por quatro etapas. Esta metodologia tem o propósito de controlar e alcançar objetivos e resultados fiáveis dentro do conjunto de atividades de uma determinada instituição. Constitui, assim, uma forma eficiente na promoção da melhoria contínua dos processos, ao padronizar as informações de controlo de

qualidade, impedir possíveis erros lógicos e tornar as informações mais compreensíveis. O procedimento, em si, implica uma constante avaliação geral do sistema, o que permite uma detecção prematura de possíveis falhas e até mesmo pontos de melhoria. Para a sua realização torna-se necessária a execução de auditorias detalhadas em todas as fases do processo de trabalho [10][16].

De acordo com Junior [17], o Ciclo PDCA subdivide-se em quatro etapas bem delineadas, conforme evidenciado na Figura 1:

- **Plan/Planear:** Esta fase consiste no desenvolvimento e delineamento dos parâmetros do âmbito do projeto, tornando fundamental a identificação de todos os pontos fortes e fracos da organização. Para um planeamento eficiente, devem-se, primeiramente, determinar e descrever todos os objetivos e metas a atingir, podendo estes ser a resolução de um problema, ou a implantação de uma melhoria. Em seguida, surge o apontamento e análise de todos os parâmetros e informações relevantes da atividade em questão, tais como, métodos e ferramentas, recursos financeiros e materiais, mão de obra necessária, datas limite, e todos os outros elementos indispensáveis à concepção do plano de ação.
- **Do/Fazer:** Nesta fase ocorre a implementação do plano de ações estruturado na etapa anterior. Compreende atitudes a serem tomadas e a capacitação dos funcionários de acordo com as diretrizes vigentes no plano de ações. Todas as ações executadas são supervisionadas e documentadas.
- **Check/Verificar:** Verificam-se os indicadores e demais evidências decorrentes da execução do plano de ações e estabelece-se uma comparação entre os resultados pretendidos e os resultados alcançados. Com o intuito de verificar se há alguma inconsistência, nesta etapa torna-se frequente a realização de auditorias, análise de processos, pesquisas de satisfação, ou outras ferramentas de análise.
- **Act/Agir:** Após a verificação da eficiência das medidas implementadas e a comprovação de retornos satisfatórios face às estratégias utilizadas, padronizam-se os procedimentos desempenhados. No caso de detecção de uma eventual inconsistência, são efetuadas medidas corretivas para alinhar o projeto com o âmbito inicialmente estabelecido. Dessa forma o ciclo PDCA resulta concluído.

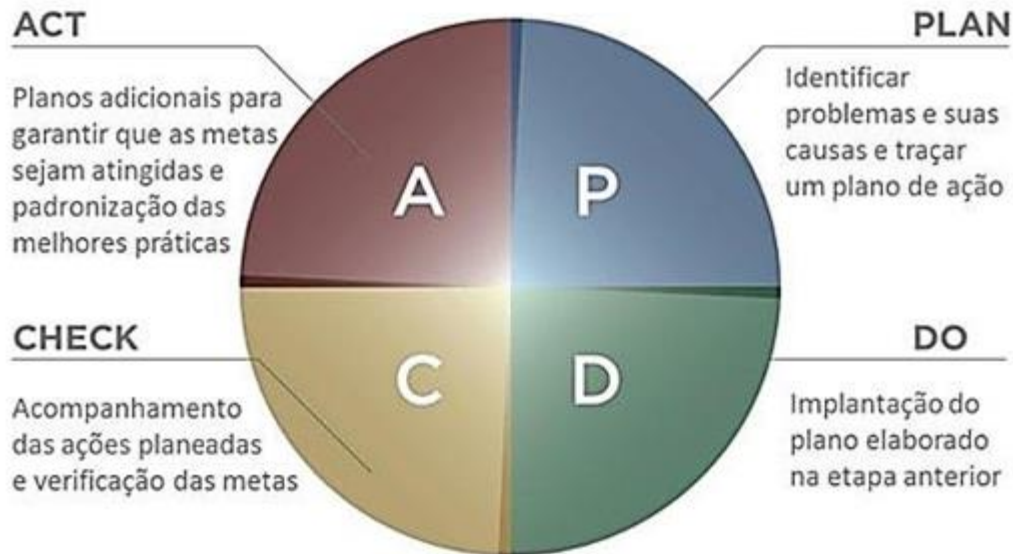


Figura 1: Ciclo PDCA [18].

De acordo com Junior [17], o ciclo PDCA é idealizado para uma constante utilização, de forma que, o desfecho de um ciclo representa continuamente o início de um ciclo subsequente. Além disso, um determinado processo pode apresentar uma nova perspectiva de avaliação, resultando, assim, numa possível alteração no plano de ações.

Segundo da Fonseca e Miyake [19], apesar da metodologia PDCA ser a mais empregue, a sua aplicação implica prudência, visto que, comumente, de forma equivocada, são aplicadas as ferramentas da qualidade em determinadas situações em vez de se analisarem os problemas e as suas respectivas soluções.

1.1.2.2 Six-Sigma

Segundo Santos e Martins [20], a metodologia Six Sigma pode ser abordada de duas formas distintas, estatística e estrategicamente. A primeira, consiste na quantificação da variação de desvios padrão. Já a abordagem estratégica apresenta um conceito mais metodológico e moderno, uma forma de pensar que auxilia de forma lógica a tomada de decisões.

O programa Six Sigma pode apresentar dois ciclos diferentes, como evidencia a Tabela I. Um ciclo destinado à melhoria de processos já existentes, e outro, para o design ou redesign de processos, sendo ambos fundamentados no ciclo PDCA [10].

De acordo com Ehie e Sheu [21], com o intuito de facilitar a avaliação de melhoria de determinado processo já existente, a aplicação estratégica da metodologia Six Sigma envolve um conjunto de

etapas padronizadas que conduz a fatores produtivos, de engenharia e transacionais, através de cinco fases:

- *Define*: Identificação dos requisitos e necessidades do cliente e elaboração de um projeto adequado.
- *Measure*: Definição de “como?” e “o quê?” será exatamente mensurado para avaliar o desempenho do processo em questão.
- *Analyze*: Compreensão e determinação das variáveis que acarretam alterações da qualidade.
- *Improve*: Identificação de meios para corrigir a causa dos defeitos e assim modificar o processo.
- *Control*: Manutenção da melhoria.

Conforme Aized [10], já no caso do design de um novo processo, as três primeiras etapas do ciclo são as mesmas apresentadas acima, isto é, *Define, Measure e Analyze*. Contudo, por se tratar de um processo ainda não existente, as duas últimas etapas são:

- *Design*: Desenvolvimento de uma solução para o problema em questão.
- *Verify*: Verificação da eficiência da solução proposta.

Tabela I: Modelos de Ciclos da Metodologia Six Sigma.

Modelo	Aplicação
DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve and Control	Processos e serviços já existentes
DMADV - Define, Measure, Analyze, Design and Verify	Processos e serviços ainda não existentes, ou para processos com um sigma alto

Numa fase inicial, a aplicação da metodologia Six Sigma focava-se no enquadramento industrial. Entretanto, devido ao amadurecimento da abordagem com o passar do tempo, a metodologia Six Sigma tem sido cada vez mais difundida e aplicada nas mais diversas áreas, desde a área da saúde, até mesmo, à indústria alimentar. Associado ao panorama de gestão da qualidade e sua crescente aplicação numa conjuntura mais extensa, a metodologia Six Sigma tem sido classificada como uma estratégia eficiente para que o desempenho do setor aplicado seja elevado [22][23].

Empresas que alinham projetos Six Sigma à sua estratégia corporativa, apresentam resultados mais satisfatórios referentes ao desempenho, quando comparadas a empresas que não promovem tal alinhamento. Além disso, fatores como liderança e suporte da gestão de topo, definição clara dos objetivos, e empenho de toda a organização, mostram-se de fundamentais para o sucesso [23].

1.1.3. Ferramentas da Qualidade

Atualmente, dispõe-se de um considerável número de ferramentas de gestão da qualidade. Nessa conformidade, a seleção da ferramenta mais pertinente para determinado caso pode ser uma tarefa complexa. As ferramentas são elementos cruciais de um processo e instrumentos imprescindíveis para o êxito de um programa da qualidade. Diversas empresas aplicam as ferramentas de forma incorreta ou até mesmo de forma precipitada, o que pode gerar problemas futuros. As ferramentas da qualidade não podem retificar todos os problemas referentes à qualidade, mas são instrumentos para resolução de problemas. Deste modo, é importante enfatizar que, as ferramentas conferem uma excepcional efetividade se utilizadas de maneira correta, contudo, podem apresentar riscos extremamente elevados se aplicadas de forma incorreta. Portanto, torna-se crucial a correta utilização das ferramentas na resolução de problemas ou na melhoria de processos [24].

Embora existam hoje inúmeras ferramentas da qualidade, de acordo com Soković et al. [25], consideram-se sete ferramentas básicas, destacadas por Kaoru Ishikawa na década de 1960, das quais derivam todas as outras. Segundo Ishikawa, 95% dos problemas de qualidade podem ser resolvidos com estas ferramentas, as quais, embora sejam simples, são bastante efetivas. Elas são amplamente empregues como métodos gráficos de resolução de problemas e, comumente utilizadas como ferramentas de gestão em todos os processos entre o design e a entrega, sendo o maior desafio promover a compreensão e utilização das ferramentas por todos. As sete ferramentas da qualidade ostentam um alto impacto visual e fundamentam-se na recolha, estruturação e análise das informações, denotando grande serventia ao se colocar o método PDCA em prática [16][26].

As sete ferramentas básicas da qualidade são [27]:

- *Check Lists*: São listas de verificações utilizadas para coletar, organizar e classificar dados referentes aos parâmetros de qualidade e, deste modo, garantir que os procedimentos, previamente estabelecidos, sejam seguidos e os requisitos e condições pretendidas do produto/processo/serviço conseqüentemente cumpridos.
- *Estratificação*: Técnica que consiste em decompor as informações coletadas, dividindo assim, o problema por partes menores; um exemplo frequentemente utilizado é o Fluxograma, que pode ser definido como uma conceção gráfica da sucessão lógica das tarefas e operações de um determinado processo. É estruturado por meio de símbolos, onde cada um representa uma parte específica e a combinação de todos os símbolos traduz a sequência de todos os estágios que compõem o processo.
- *Diagrama de Dispersão*: Um gráfico cartesiano onde os parâmetros numéricos observados são indicados nos eixos das ordenadas e das abscissas. Correlaciona um par de variáveis quantitativas, podendo esta correlação ser positiva quando as variáveis são

diretamente proporcionais, ou negativa quando as variáveis são inversamente proporcionais.

- *Histograma*: Representação gráfica da frequência da distribuição dos valores e suas respectivas variações, possibilitando, assim, a análise quantitativa do processo e, conseqüentemente, a sua monitorização e aperfeiçoamento.
- *Diagrama de Pareto*: Um gráfico de colunas que identifica e hierarquiza os dados e os dispõe de modo decrescente exibindo os fatores mais significantes. Conseguem-se, assim, apontar os aspectos diferenciais que requerem maior atenção.
- *Diagrama de Ishikawa*: Também conhecido como Diagrama de Causa-Efeito ou Espinha de Peixe, é utilizado para uma análise criteriosa de defeitos após a sua identificação. As causas são categorizadas possibilitando, assim, a determinação da relação entre as razões ocasionadoras e efeitos resultantes.
- *Cartas de Controle*: São gráficos empregues para analisar, ininterruptamente, um determinado processo de produção, evidenciando as variações do seu desempenho ao longo do tempo. Tal análise é feita com base num padrão ideal e limites estatísticos previamente estabelecidos. Caso a análise aponte variações fora dos limites estatísticos superior e inferior, torna-se necessária a intervenção para eliminação das causas de tais desconformidades.

De acordo com Soković et al. [25], algumas das sete ferramentas podem ser empregues na identificação ou análise de um determinado processo. No caso dos Diagramas de Pareto e de Ishikawa, podem ser utilizados em ambos, como evidencia a Figura 2. O processo de aquisição de dados é constituído pela *Check List*, *Histograma* e *Cartas de Controle*, enquanto que o processo de análise de dados, é constituído pelos *Diagramas de Pareto*, de *Ishikawa*, de *Dispersão* e *Estratificação*.

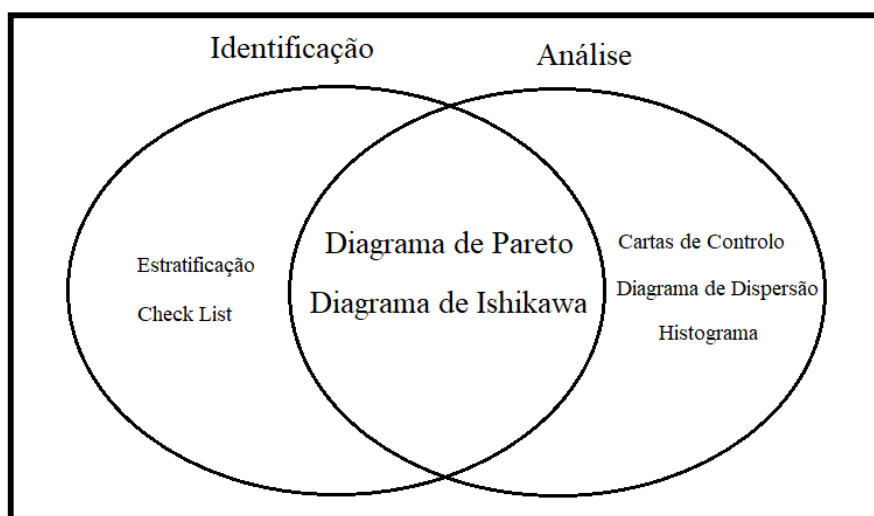


Figura 2: Aplicação das Ferramentas Básicas da Qualidade nos Processos de Identificação e Análise [25].

1.2. Manutenção

1.2.1. Caracterização

A Norma Portuguesa EN 13306:2007 [28], define o termo manutenção como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, destinadas a manter ou recolocar um determinado item em condições nas quais possa desempenhar uma função requerida.

Segundo Xenos [29], as atividades de manutenção existem fundamentalmente para que a degradação dos equipamentos e instalações decorrentes do seu uso contínuo e desgaste natural seja evitada. Esta degradação pode apresentar-se de inúmeras formas: aspeto deteriorado dos equipamentos, perdas de desempenho e eventuais paragens de produção, redução da qualidade dos produtos e, até mesmo, impactos ambientais. Numa lógica mais restrita, as atividades de manutenção resumem-se basicamente ao regresso de um equipamento às suas condições originais. Entretanto, numa lógica mais abrangente, as atividades de manutenção também devem compreender alterações na conjuntura original do equipamento por meio da inserção de melhorias, para que assim, a ocorrência ou reincidência de falhas seja evitada, os custos reduzidos e a produtividade aumentada.

Ramos [30], afirma que todas as definições de manutenção, oficiais ou não, têm subentendido que a função manutenção é a garantia da disponibilidade dos equipamentos de produção, através da avaliação das imperfeições no património tecnológico investido.

Até há cerca de quarenta anos atrás, a atividade de manutenção era tida como uma tarefa secundária e dispendiosa, sendo o principal alvo de reduções em períodos de crise ou em circunstâncias de instabilidade económica. Durante um longo período de tempo, foram projetados equipamentos sem avaliar, pertinentemente, fatores como a sua fiabilidade e manutibilidade, o que ocasionava a ocorrência súbita de avarias e eventuais paragens não programadas, que acabavam por aumentar os custos de produção [31].

Ao longo das últimas décadas, a manutenção e os seus respetivos conceitos foram alterados mais que quaisquer outras atividades, sendo estas mudanças, decorrentes de diversos fatores, tais como um significativo aumento na diversidade de bens a serem mantidos, aumento na complexidade de projetos, novas estratégias de manutenção, novas perspetivas em relação à organização e suas responsabilidades, importância da manutenção como posição estratégica para aperfeiçoamento do resultado, e competitividade [32].

1.2.2. Estratégias da Manutenção

Distinguem-se, ao nível da aplicação industrial, três tipos principais de estratégias de manutenção: curativa, periódica e condicionada [33]¹. Reveste-se de suma importância a adoção de estratégias adequadas para que o funcionamento eficiente e económico das instalações seja assim garantido.

¹ Uma caracterização exaustiva das estratégias de manutenção é apresentada em [33].

1.3. Lean Manufacturing

1.3.1. Conceitos e Princípios

O *Lean Manufacturing*, despontou no Japão após a segunda guerra mundial, devido à contingência de recursos para a sua reestruturação. Por meio deste, o sistema de produção da Toyota possibilitou a produção de automóveis com uma quantidade inferior de *stocks*, recursos humanos, investimentos e defeitos, inserindo no mercado, uma crescente variedade de produtos que lhes garantiu um grande potencial competitivo [34].

Desta forma, o *Lean Manufacturing* pode ser definido como uma filosofia que enfatiza a minimização dos recursos utilizados nas diversas atividades de uma empresa. Esta filosofia, envolve a identificação e eliminação das atividades e práticas que não agregam valor, por meio de um processo dinâmico de mudanças orientado para uma melhoria contínua [34][35].

Tal processo, é constituído por um conjunto de técnicas e ferramentas que quando combinadas, permitem a redução e eliminação de desperdícios. Ou seja, o termo *Lean*, caracteriza uma metodologia que aplicada a um determinado sistema, possibilita a utilização de um *input* relativamente menor, sem que os vigentes *outputs* sejam comprometidos, proporcionando assim, um maior aproveitamento dos recursos [35-37].

Além disso, as operações *Lean*, quando propriamente executadas, apresentam um grande potencial para a abordagem de diversas questões relativas à sustentabilidade, sendo inclusive, caracterizada por certos autores como um catalisador para melhoria de práticas ambientais [38][39].

Tal ideia é corroborada por diversos estudos, os quais apresentaram resultados satisfatórios para aplicação da metodologia *Lean* em diversas áreas da gestão, tais como, química, águas, emissões e até mesmo, gestão de energia. Pode-se, assim, determinar um considerável retorno financeiro com a obtenção de novos clientes, de um aumento do potencial competitivo e da redução de custos mediante a redução de desperdícios [39][40].

Inicialmente, de acordo com Sutherland [41], os desperdícios foram classificados por Taiichi Ohno, um dos idealizadores da filosofia *Lean* e desenvolvedor do sistema de produção da Toyota, em três categorias: *Muda*, *Mura* e *Muri*, sendo o primeiro decorrente dos resultados, o segundo da inconsistência e o terceiro da irracionalidade. Posteriormente, estes foram subdivididos e listados em sete tipos, sendo estes: superprodução, *stocks*, defeitos, espera, deslocamentos supérfluos, excesso de processamento e transportes desnecessários. Para que as ocorrências de tais desperdícios sejam eliminadas, utiliza-se uma variedade de ferramentas e métodos [42].

1.3.2. Ferramentas

A filosofia *Lean* dispõe de uma ampla coleção de ferramentas. Com a sua difusão, esta coleção tem se expandido, e as ferramentas já existentes tem sido aperfeiçoadas à medida que outras novas são concebidas.

Devido à amplitude desta coleção, serão enfatizadas a seguir, apenas as ferramentas com uma maior relevância e aplicabilidade para o presente trabalho, visto que inúmeras destas são designadas para o aperfeiçoamento e gestão de sistemas e processos produtivos, como Fluxo Contínuo, Just-In-Time, Poka-Yoke, SMED, Takt Time, TPM entre outras, que embora sejam de notável serventia, não condizem com as atividades exercidas no objeto de estudo em questão. As ferramentas a serem exploradas são:

- **VSM:** Mapeamento do Fluxo de Valor². É uma forma gráfica de apresentar as informações relativas ao fluxo de recursos num processo ou sistema, mapeando todas as tarefas empreendidas, desde a sua origem até ao seu final. Esta análise, permite a identificação de todas as formas de desperdícios e destaque das oportunidades de melhoria [42][43].
- **5S:** É a base para implementação do Lean Manufacturing. A sua designação decorre, das palavras japonesas *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*, que são interpretadas como seleção, arrumação, limpeza, padronização e disciplina respetivamente [42].
- **Kaizen:** É o conceito de melhoria contínua, frequentemente associado ao ciclo PDCA. O seu propósito reflete-se em esforços constantes para aperfeiçoar todas as áreas da organização, por meio da substituição permanente das atividades correntes por outras que acrescentem mais valor [42].
- **Andon:** Feedback visual e instantâneo às partes responsáveis, sobre eventuais problemas na qualidade de um produto ou processo. Atua como uma ferramenta de comunicação em tempo real, alertando prontamente os problemas conforme estes ocorrem, para que assim, possam ser sanados de imediato [42][43].
- **Jidoka:** Caracterizada como autonomação, isto é, automação com um toque humano, tal ferramenta, automatiza parcialmente o sistema, permitindo a interferência neste no caso de alguma eventualidade. A implementação das suas regras pode ser habilitada mediante o já referido *Andon* [42].

² Em inglês, Value Stream Mapping, conforme o acrónimo que designa a ferramenta.

- **Heijunka:** Significa nivelamento, é uma estratégia baseada na eliminação de saltos e desequilíbrios na produção, tornando-a assim, mais balanceada [42][43].
- **Hoshin Kanri:** Permite que toda a capacidade da organização seja focada na melhoria do seu desempenho por meio do desenvolvimento de uma política unificada, e de uma gestão de planos alinhada com os objetivos da empresa [42][43].
- **Kamishibai:** É um conjunto de auditorias simples, que pode ser realizado por qualquer pessoa na organização. É designado para o controlo do trabalho e utilização das ferramentas do *Lean Manufacturing*, o que permite, que o próprio auditor seja ensinado a encontrar possíveis melhorias para o objeto auditado [42].

1.4. Gestão Energética

1.4.1. Caracterização

A gestão energética pode ser caracterizada como uma combinação de atividades, técnicas e procedimentos numa organização, a fim de que a sua gestão dos recursos energéticos, seja adequadamente conduzida ao longo de toda a sua atividade. Deste modo, a gestão energética é a aplicação da energia de uma forma eficaz e eficiente, para que assim, os lucros sejam maximizados e/ou os custos minimizados. A minimização e eliminação de desperdícios também apresentam potenciais oportunidades, o que torna a gestão energética um mecanismo para se elevar a produtividade e competitividade em empresas de todos os sectores [44][45].

Noutros termos, a gestão energética consiste num esforço sistemático e contínuo para aprimorar o desempenho energético de uma organização, podendo assim, englobar diversas formas de interação com a energia, desde a obtenção e aquisição de estratégias, até às melhorias tecnológicas e eventuais mudanças de comportamento. Deste modo, torna-se fundamental um vínculo entre a gestão energética e a gestão geral da organização, levando em consideração todos os seus domínios, tais como ativos, instalações, processos e logística [46].

Devido à comprovação da gestão energética como uma profícua ferramenta para o cumprimento de objetivos, tanto de curto quanto de longo prazo, esta tem recebido cada vez mais atenção, sobretudo por conta da crescente pressão nas organizações (tanto comerciais quanto governamentais) em relação aos aspetos económicos e ambientais [3].

Estes aspetos, têm sido os fatores preponderantes na decisão de investimentos, intrínsecos a tais fatores, apresentando-se quatro perspetivas:

- I. Padrões ambientais mais rigorosos.
- II. Desenvolvimento da competitividade económica a nível global.
- III. Manutenção de um fornecimento energético disponível e ininterrupto a custos regulares.
- IV. Auxílio na resolução de interesses nacionais, como geração de empregos e minimização das decorrências de uma potencial interrupção no fornecimento de energia, por exemplo.

1.4.2. Desempenho Energético de uma Organização

O desempenho energético pode ser definido como os resultados mensuráveis relacionados com a eficiência, uso e consumo da energia. A melhoria do desempenho energético e dos seus custos de energia associados, é um dos recursos para obtenção de uma maior competitividade das empresas. Para além disso, pode também proporcionar o alcance de metas gerais de mitigação

das mudanças climáticas, ao reduzir as suas emissões de gases do efeito estufa relacionadas com o uso da energia [47].

Para que o desempenho energético seja obtido, tem-se a necessidade de identificação e catalogação das instalações consumidoras, armazenadoras ou geradoras de energia, bem como dos equipamentos integrantes e tipologia de energia consumida. De forma semelhante, também é necessária a identificação de parâmetros, tais como, eficiência energética, intensidade, uso e consumo da energia, ou quaisquer outros considerados adequados pela organização, como pode ser visto na Figura 3 [48].

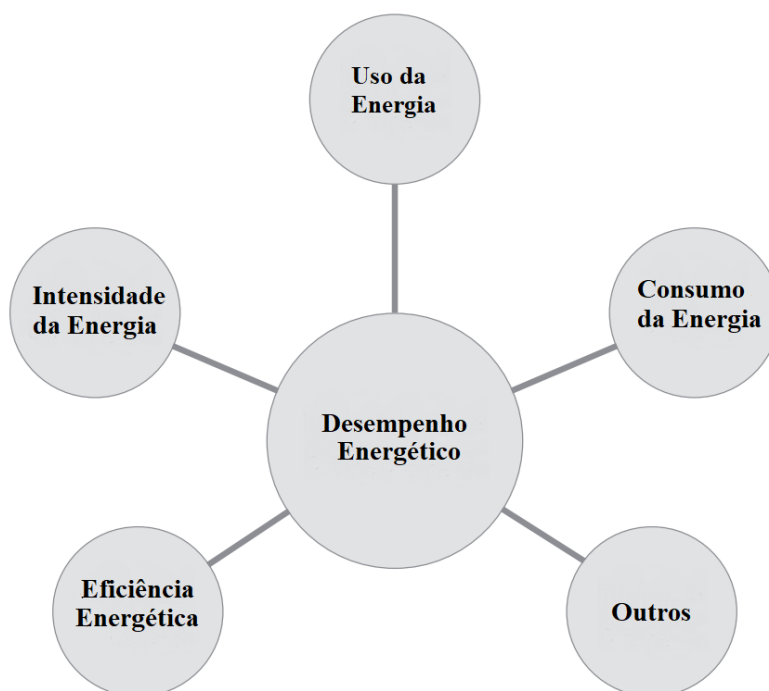


Figura 3: Conceito de Desempenho Energético [48].

1.4.3. Eficiência Energética

A eficiência energética é uma métrica frequentemente utilizada para se estimar o desempenho energético. É expressa pela razão entre o *output* e o *input* de energia num determinado sistema, podendo este ser, um simples dispositivo, um processo industrial e até mesmo todo um sector. Portanto, a sua determinação está sujeita às proporções de entradas e saídas da energia, e também de como essas proporções são mensuradas, dado que sua determinação pode ser realizada de três formas [49][50]:

Medidas termodinâmicas, onde os *outputs* são definidos ou em capacidade calorífica ou capacidade de realizar trabalho. São as medidas mais utilizadas devido ao fato de que se comparadas às outras, apresentam uma menor propensão de sofrer interferências decorrentes de fatores externos.

Medidas Físicas, onde os *outputs* são definidos em grandezas físicas como quilometragem veicular ou toneladas de aço, por exemplo.

Medidas Económicas, onde os *outputs* e esporadicamente os *inputs* são indicados em termos económicos, tal como o valor acrescentado ou PIB.

Desta forma, de modo geral, a eficiência energética é a quantidade de energia de saída útil sobre a quantidade de energia de entrada, como pode ser visto na equação 1, em vigência com a primeira lei da termodinâmica [51]:

$$\eta = \frac{\Sigma s}{\Sigma e} \quad (1)$$

designando:

η = Eficiência

Σs = Energia Total de Saída

Σe = Energia Total de Entrada

Embora o termo eficiência energética seja mais comum, este tende a ser mais aplicado quando os *outputs* são aferidos em medidas termodinâmicas ou físicas. Para estimativas de medidas económicas, o termo *produtividade energética* é comumente mais empregado [50].

1.4.4. Indicadores de Desempenho Energético

A fim de que o desempenho energético seja satisfatório, é fundamental que as organizações saibam como a energia é utilizada e o quanto é consumida ao longo do tempo. Para isso, recorre-se aos Indicadores de Desempenho Energético, que são parâmetros quantitativos de resultados relacionados com a eficiência energética³, utilização e consumo de energia em instalações, sistemas, processos e equipamentos [48].

Portanto, torna-se necessária a determinação de indicadores que descrevam a evolução das diferentes tendências observadas nos parâmetros energéticos de interesse para a organização, e, conseqüentemente, o estabelecimento de sistemas de medidas e tratamento de dados para estes respetivos parâmetros, a fim de que estes sejam traduzidos por indicadores que facilitem a interpretação da evolução da otimização energética da organização [48].

Os indicadores energéticos são caracterizados conforme a dimensão do objeto de estudo em questão, isto é, macro indicadores ao determinar o desempenho de um país ou região, e micro indicadores, no que se refere ao desempenho de uma empresa, edifício ou até mesmo habitação. Tais indicadores podem ser classificados como descritivos ou explicativos [52].

³ Que também pode ser utilizada como IDE.

Enquanto os indicadores descritivos apenas retratam a situação sem que as razões para as causas ou desvios sejam analisadas e especificadas, os indicadores explicativos retratam a situação identificando os motivos da ocorrência de variações ou desvios nos indicadores descritivos [53].

Estes indicadores podem ser determinados ao se considerarem dois critérios: económico e técnico-económico. O primeiro, aplica-se quando o desempenho energético é estimado de forma geral, não sendo factível a associação da atividade a indicadores físicos. Já o segundo, é aplicado quando o desempenho é estimado de forma mais pontual e desagregada, como um sub-sector, ramo de atividade ou utilizador final, relacionando por fim, o consumo energético com um indicador específico físico e mensurável, como o número de ocupantes, área total, quantidade de produtos produzidos, por exemplo [53].

Os indicadores a serem utilizados podem variar de acordo com o ramo de atividade em questão, por exemplo, num âmbito industrial, seria pertinente a utilização de indicadores alusivos ao consumo de cada tipo de energia por tonelada, quantidade de produto produzido ou extraído, fase de processo, instalação ou até mesmo equipamentos, Já no sector de transportes, os indicadores seriam referentes ao consumo de energia por modo de transporte, número de passageiros, distância percorrida, quantidade transportada, entre outros [48].

Visto que o objeto de estudo do presente trabalho é caracterizado como sector comercial e de serviços, os indicadores neste caso são abordados de forma mais detalhada. De acordo com Saidel et al. [52], os indicadores técnico-económicos mais relevantes para o sector em questão são:

PCR: Percentual de Consumo no Período Reservado - expresso pela razão entre a energia consumida num período específico e a energia total consumida, sendo assim, possível constatar os períodos de maior consumo energético das instalações.

PCT: Percentual do Consumo Total - representa a razão entre a energia consumida por uma unidade, sector ou área e a energia total consumida. Desta forma, podem-se identificar os maiores consumidores e, conseqüentemente, oportunidades de melhorias.

CMM: Consumo Médio por Metro Quadrado - descrito pela razão entre o consumo médio e a área construída. Por meio deste, é viabilizada a criação de parâmetros para comparação entre as diversas unidades de utilização.

CMP: Consumo Médio por Pessoa - traduzido pela razão entre o consumo médio e a quantidade de pessoas que frequentam o local analisado. Este pode se subdividir em outros indicadores de acordo com os serviços fornecidos, ou seja, Consumo Médio por funcionário, aluno, clientes, visitante, entre outros.

1.4.5. Uso da Energia

Uso da Energia, também denominado como uso final da energia, refere-se à forma ou tipo de aplicação da energia, por exemplo: iluminação, ventilação, aquecimento, arrefecimento, transporte, armazenamento de dados, processos produtivos, entre outros [47].

Associado ao Uso da Energia, está o Uso Significativo da Energia (USE), que representa as áreas que acarretam um consumo energético substancial, e/ou, que proporcionam um potencial significativo para melhoria do desempenho energético. Para que essa melhoria seja obtida, pode-se abordar uma grande diversidade de estratégias como, por exemplo, redução dos picos de demanda, utilização dos excedentes de energia ou da energia desperdiçada, ou até mesmo o aperfeiçoamento das instalações, sistemas, processos ou equipamentos [48].

Os USE são determinados para que sejam definidas prioridades para a gestão da energia, melhoria do desempenho energético e alocação de recursos. Na identificação de áreas de utilização significativa da energia, uma visão holística dos seus usos e consumos dentro do escopo e das fronteiras, pode apresentar-se de grande utilidade para a organização [54].

Desta forma, segundo a norma ISO 50004 [54], a organização pode determinar os USE com base no consumo energético, oportunidades de melhoria em energia, ou até mesmo, numa combinação dos dois. Atualmente, tem-se diversas formas de identificação dos USE numa organização, entre eles:

- Diagnósticos energéticos (por exemplo, ISO 50002 e outras normas de avaliação energética);
- Mapas de processo;
- Gráficos e quadros;
- Planilhas ou tabelas;
- Diagramas Sankey;
- Balanço de massa e energia;
- Mapeamento do uso de energia;
- Modelos de simulação de uso e consumo de energia;
- Pesquisas de equipamentos, sistemas ou processos de uso final;
- Inventário de equipamento consumidor de energia, incluindo classificação energética e horas típicas de operação;
- Análise de regressão do consumo de energia de equipamentos, sistemas ou processos, comparada com variáveis relevantes que afetam o respetivo consumo de energia.

1.4.6. Políticas Energéticas

Uma política energética é a base para que um Sistema de Gestão de Energia (SGE) seja desenvolvido adequadamente na organização, através de todas as etapas de planeamento, implementação, operação, avaliação do desempenho e melhoria. A política energética pode ser simplesmente uma sucinta declaração da alta direção a respeito das intenções, diretrizes e compromissos gerais da organização, relacionados com o seu desempenho energético. Desta forma, estabelece uma orientação para que seja obtida uma melhoria contínua do SGE e do desempenho energético da organização, demonstrando assim, um comprometimento direto da alta direção com os propósitos organizacionais [47].

O desenvolvimento de uma política energética tanto pode ser feito antes da revisão energética inicial, quanto depois. Em ambos os casos, é importante que periodicamente seja feita uma revisão, para assegurar que esta se adequa às presentes condições de consumo de energia da organização [47].

Após a implantação de políticas energéticas nas organizações e sua subsequente formalização, o desempenho organizacional pode ser diretamente afetado, dado que para muitas organizações isso pode expressar uma inevitável mudança cultural [44].

1.4.7. Planeamento da Gestão Energética na Organização

O Planeamento da Gestão Energética na Organização, também denominado planeamento energético, é a parte do “Planear” do ciclo PDCA do SGE. Este, fornece os fundamentos para se desenvolver um SGE baseado na compreensão do desempenho energético da organização. É neste momento, que a análise dos dados de energia da organização é utilizada para que sejam tomadas decisões conscientes em relação as ações de melhoria do desempenho energético [47].

Esta é uma das partes mais importantes do programa de gestão energética, pois torna possível a identificação de riscos e oportunidades. Portanto, uma organização pode antecipar potenciais cenários, de forma que efeitos indesejados possam ser tratados antes mesmo de ocorrerem. De um modo semelhante, circunstâncias favoráveis que apresentem potenciais vantagens e benefícios como resultados, podem ser constatadas e obtidas [47].

Um dos problemas mais frequentes, detetados nessa fase nas empresas que não possuem um SGE adequado, e que apresentam maiores oportunidades de melhoria, é de que os custos referentes à energia são caracterizados como custos fixos, e calculados como apenas uma fração das despesas gerais, e não como custos variáveis, como são tratados os custos referentes a materiais, mão de obra e matéria prima, por exemplo [43].

Por essa razão, é conveniente a introdução da gestão energética ainda na fase de projeto das instalações e na seleção dos equipamentos. Entretanto, esta deve ser, sobretudo, compreendida

na própria cultura da empresa, como um processo indispensável, continuado e de longo prazo. Desse modo, as práticas de gestão energética deverão estar compreendidas nas atividades usuais da empresa, com as suas incumbências de execução encarregadas a uma equipa de energia [3][44].

Essa equipa, é caracterizada pelos recursos humanos designados para gestão energética, e é possível que varie de acordo com as proporções da organização e das suas atividades empreendidas, podendo se estender desde apenas um único gestor de energia a trabalhar durante meio expediente, até toda uma equipa designada para tal finalidade. Deste modo, para que tal missão se cumpra com êxito, é necessária a seleção de uma forma adequada de estruturar a gestão energética na organização [42].

Para isso, existem diversas formas de configuração da equipa de energia no contexto organizacional. Distinguem-se, usualmente, as três abordagens seguintes [44]:

Subcontratação de um serviço de gestão energética - representa, em termos teóricos, uma solução eficiente, visto que se tem uma entidade experiente e dedicada ao serviço em questão. No entanto, devido a ausência de uma conexão sólida com a atividade desempenhada pela empresa, eventuais problemas devido ao desconhecimento de processos e metodologias podem surgir.

Criação de um departamento próprio dedicado à gestão de energia - representa a solução mais eficiente, visto que se dispõe de uma equipa experiente e dedicada à gestão energética, e com acesso a todas as áreas da instituição, facilitando assim, o conhecimento de processos e metodologias. Além disso, em virtude da integração deste departamento na empresa, este assume os seus valores e objetivos. No entanto, esta é a solução de custos mais elevados.

Uma solução alternativa é subordinar o departamento de energia a um outro departamento secundário, como o de produção ou de manutenção, por exemplo. Contudo, este tipo de configuração pode apresentar dificuldades no fluxo de informações na organização, visto que os responsáveis não têm acesso direto a todas as outras áreas da empresa. Embora seja uma solução economicamente atrativa, devido aos seus custos reduzidos, o desempenho da gestão pode ser penalizado por conta de um eventual descuido da energia em detrimento do desempenho do departamento a que está subordinado. Dessa forma, caso seja escolhida este tipo de organização, é imprescindível o resolutivo suporte da gestão de topo, para que assim, a colaboração entre departamentos e a responsabilidade coletiva através de toda a organização seja impulsionada [45].

1.4.8. Revisão Energética

A revisão energética é a parte analítica do processo do planeamento da gestão energética, onde se identificam, priorizam e avaliam as oportunidades de melhoria, por meio da análise da eficiência energética, da utilização e do consumo da energia com base em dados e noutras informações. A sua qualidade depende da disponibilidade, condições e verificação dos dados recolhidos, sendo

estes, a base para se executar uma revisão energética inicial apropriadamente. Com uma base sólida, a revisão energética pode ser aprimorada conforme a organização adquire experiência com a gestão de dados e tomadas de decisão baseadas nas análises realizadas, além de que, deve ser atualizada com uma periodicidade definida [47][54].

No entanto, caso uma organização apresente uma estrutura complexa de desempenho energético, a coleta e análise de dados de energia e das respectivas variáveis que possam afetá-los, pode não ser suficiente para determinar possibilidades de melhoria; portanto, neste caso, devem-se empregar abordagens mais rigorosas, como diagnósticos energéticos e até mesmo auditorias das instalações, processos e equipamentos, podendo assim, transformar uma revisão energética numa verdadeira auditoria [48].

1.4.9. Auditoria Energética

Uma auditoria energética pode fornecer informações a respeito de uma ou mais partes da revisão energética, e tem a função de identificar, quantificar e caracterizar a utilização da energia numa determinada organização, reconhecendo assim, os seus padrões de consumo e possibilidades de redução de custos [43][47].

Os resultados da auditoria energética contêm, normalmente, uma análise crítica detalhada dos dados relativos ao consumo e desempenho energético atuais, por vezes sendo acompanhados por uma série de recomendações específicas, caracterizadas pela identificação das possíveis margens de melhoria do desempenho energético, ou do retorno financeiro em investimento, a partir de análises de dados específicos do local e condições operacionais [47].

Embora atualmente se disponha de mais de uma metodologia para a execução de uma auditoria energética, a mais comum abarca quatro fases de intervenção como é apresentado na Figura 4 [44].



Figura 4: Fases da execução de uma auditoria energética

1.4.9.1. Preparação da auditoria

Esta fase, fundamenta-se na aquisição das informações necessárias a serem utilizadas posteriormente, sendo executada mediante as seguintes tarefas:

- Inspeção preliminar às instalações a serem auditadas;
- Compilação dos dados e registos históricos de atividades;
- Reconhecimento e caracterização do tipo de atividade exercido nas instalações;
- Pesquisa de novas tecnologias caracterizadas por uma elevada eficiência.

1.4.9.2. Intervenção no local

Na segunda fase, com a coleta dos dados, realiza-se uma análise do uso e consumo da energia através da identificação das suas atuais fontes e respetivas aplicações, bem como de uma avaliação do uso e consumo energético, tanto no passado quanto tendências futuras. Assim, é possível que uma maior compreensão em relação aos dados analisados seja alcançada [54].

Com base na análise realizada, as áreas de uso significativo da energia podem ser identificadas. Desse modo, torna-se possível a determinação de variáveis relevantes que possam afetar os USE, tais como clima, níveis de ocupação, horários de operação, tipos de atividade, etc. A partir destas informações, possibilita-se a elaboração dos indicadores determinantes do desempenho energético [54].

1.4.9.3. Tratamento da Informação

A partir da informação recolhida, podem-se identificar, priorizar e avaliar as oportunidades de melhoria do desempenho energético. É conveniente que a identificação de tais oportunidades seja parte de um processo contínuo e que envolva uma análise periódica por meio de técnicas comprovadas, tais como, metodologias *Lean Manufacturing* e *Six Sima*, estratégias de manutenção⁴, sistemas de monitoramento contínuo, benchmarking, análise de tecnologias emergentes, entre muitas outras [54].

Com as oportunidades identificadas e avaliadas, estas podem ser priorizadas de acordo com os próprios critérios da organização, tais como, estimativas de economia de energia, facilidade de implementação, impacto e valor de benefícios adicionais, melhoria nos impactos ambientais, retorno sobre o investimento, custos estimados de implementação, etc. [54].

⁴ A norma ISO 50004 enfatiza em especial, a estratégia de manutenção condicionada.

1.4.9.4. Elaboração de um relatório

Para a conclusão da auditoria é necessária a elaboração de um relatório. A sua extensão e nível de detalhes são passíveis de variação conforme o tipo de instalação auditada. O relatório deverá descrever o local auditado e, prover informações detalhadas quanto às respetivas atividades exercidas e sua relação com os custos energéticos. É conveniente a apresentação de tabelas e gráficos, facilitando assim, a compreensão de tal relação. Também é necessária a apresentação das oportunidades de melhoria recomendadas, juntamente com os cálculos dos custos e benefícios [3].

1.4.9.5. Plano Educacional e Estratégico

Além da parte analítica do processo de planeamento da gestão energética, é importante levar em consideração dois outros aspetos por vezes preteridos, porém muito úteis na efetividade da sua implantação, o Plano Educacional e o Plano Estratégico.

1.4.9.5.1. Plano Educacional

Apesar da crescente consciência alusiva à gestão de energia ao longo das últimas décadas, ainda se denota um grande desconhecimento a respeito de tal assunto, o que torna fundamental o provimento de educação a todos dentro da organização, pois um maior nível educacional está relacionado diretamente com uma maior eficiência, dado que o programa planeado é executado mais facilmente se as suas complexidades e benefícios económicos forem compreendidas por todos os envolvidos [3].

1.4.9.5.2. Plano Estratégico

O plano energético é constituído pelo desenvolvimento de objetivos, estratégias, programas e planos de ação. Embora seja a fase final do planeamento de gestão energética, é uma das etapas mais importantes no processo de elaboração do programa, sendo também, o ponto onde muitos resignam [3].

Para que este seja executado da forma devida, é fundamental um sistema eficiente de monitorização e relatórios, para que assim, os padrões de consumo energético sejam devidamente verificados e eventuais irregularidades, imediatamente detetadas e comunicadas aos responsáveis, para que estes tomem as providências cabíveis. Além disso, as informações coletadas são posteriormente documentadas, podendo futuramente, descrever potenciais ações necessárias para que os objetivos estratégicos sejam alcançados [44].

2 Caso de Estudo

2.1. O Ambiente de Estudo

De acordo com o Decreto-Lei 402/7 [55], a Universidade da Beira Interior (UBI) foi fundada no ano de 1973, inicialmente como Instituto Politécnico da Covilhã (IPC). Entretanto, logo após se sucedeu a crise económica dos anos 1970, que atingiu drasticamente a indústria portuguesa, acarretando na falência de inúmeras empresas e na crise das indústrias tradicionais, tais como, siderurgia, metalurgia e indústria têxtil. Esta última, um dos alicerces da economia na região da Beira Interior, conferiu à Covilhã, o epíteto de “Manchester Portuguesa”.

Neste contexto, a criação de uma instituição de ensino superior foi idealizada, para que assim, fosse assegurada à população da Beira Interior, a possibilidade de prosseguimento dos estudos subsequentes ao ensino secundário sem que fosse necessária a deslocação para outros pontos do país.

Em julho de 1979, por meio da Lei 44/79 [56], a instituição foi convertida em Instituto Universitário da Beira Interior (IUBI) e, posteriormente, em abril de 1986, através do Decreto-Lei 76-B/86 [57], foi justificada sua conversão na Universidade da Beira Interior, momento no qual, as áreas de expansão e proteção dos polos I, II e III foram regulamentadas.

Já na década de 1990, foi iniciado o projeto de expansão da Universidade para o norte da cidade, e assim, no ano de 1996, surge o Polo IV, a Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Dez anos depois, após mais um plano de expansão, foi concluída a Faculdade de Ciências da Saúde (FCS), objeto de estudo do presente trabalho (Figura 5).



Figura 5: Faculdade de Ciências da Saúde, UBI [58].

2.1.1. Caracterização do Ambiente de Estudo

A Faculdade de Ciências da Saúde é composta por 5 prédios, cada um destes com 3 pisos, fornecendo assim, a estrutura necessária para que sejam lecionados os cursos de Ciências Biomédicas, Optometria e Ciências da Visão, Ciências Farmacêuticas e Medicina.

Os cinco prédios são identificados respetivamente, como A, B, C, D e E, totalizando uma área de 21.500 m². No que se refere ao arranjo da Faculdade, evidenciado no Anexo I, este é disposto da seguinte forma:

Prédio A:

Piso -1: A parte leste, é composta pelas áreas dos vestiários, salas de multimédia e informática, economato e armazenamento de materiais e uma subestação térmica. No centro, dispõe-se de uma área referida com Reserva, destinada para eventuais necessidades de ampliação dos laboratórios, e na parte oeste, situa-se a área compreendida pelo Biotério, com uma área de aproximadamente 630 m², onde se apresenta o maior consumo energético, uma vez que é crucial a constante manutenção das condições de temperatura e humidade (21°C e humidade do ar 50%) devido às cobaias vivas que lá se encontram, como ratos e coelhos, utilizados no ensino.

Piso 0: É o piso propenso à maior movimentação, localizando-se na parte norte do edifício, as áreas referentes à Cantina, Bar e Sala de Convívio, Papelaria/Reprografia, Associação dos Estudantes e Associação da Direção. Na parte leste, encontram-se a Entrada, Receção, Atendimento ao Público, Serviços Académicos, Economato, Arquivo, Secretariado, Sala de Informática, 3 Gabinetes, sendo um do diretor, e Sala de Reuniões. Na parte oeste existem: 1 Anfiteatro, 3 Gabinetes, Secretariado de Apoio, 1 sala Polivalente/Reuniões, e também, 16 Laboratórios e 6 Salas de Apoio (armazenamento de material biológico e outros recursos necessários, etc.), para as aulas práticas e experimentais.

Piso +1: A parte norte é compreendida por toda a área do Auditório; na parte Leste, encontram-se 2 Gabinetes, Sala de Composição e Montagens, Laboratório Fotográfico e Sala Audiovisual, 3 Salas de Estudo Individual, 2 salas de Estudo em Grupo, Sala de Leitura, Leitura de Livros Reservados, Hemeroteca e uma Camara de Fumigação. Já na parte oeste, são dispostos mais 2 Anfiteatros, 10 Laboratórios e 13 Salas de Apoio (centrais de esterilização, material biológico, camara frigorífica, etc.) para as aulas práticas e experimentais.

Prédio B:

Piso -1: Localizam-se 2 salas, sendo estas, a Sala de Impressão e a Sala dos Operadores. Existem, também, a Central AVAC, com os quadros de leitura, UTAs e UTANs e Caldeiras bem como a Sala do Gerador.

Piso 0: Composto basicamente por 4 gabinetes, sendo estes o do secretário e os dos presidentes do Conselho Diretivo, do Conselho Pedagógico e Científico, respetivamente. Além dos gabinetes, tem-se também a Sala do Secretariado de Apoio, a Sala de Reuniões, a Sala de Espera e uma sala de reserva.

Piso +1: Encontram-se um total de 14 salas de aula dispostas ao longo de todo o andar.

Prédio C: É um prédio utilizado essencialmente para o ensino teórico, tendo este a seguinte disposição:

Piso -1: De cunho educacional, encontram-se neste piso 2 Salas de Apoio, 5 laboratórios, o Anfiteatro Anatómico e 2 Salas para consultórios. Entretanto, este piso também alberga a Oficina, a Central de Segurança/Central Telefónica, Sala dos Transformadores, Salas de Materiais de Limpeza e Vestiários.

Piso 0: Composto basicamente por uma sala de Autoaprendizagem, 7 Salas Tutoriais, 4 Laboratórios, 2 Gabinetes e salas para organização de materiais.

Piso +1: Encontram-se um total de 13 Salas Tutoriais, dispostas ao longo de todo o andar e 2 Salas de Autoaprendizagem.

Prédio D: Utilizado essencialmente para acomodar os gabinetes dos docentes e gabinetes de investigação, apresentando a seguinte disposição:

Piso -1: Apresenta apenas uma sala reservada para Ressonância Magnética.

Piso 0: Composto basicamente por 3 salas de aprendizagem, 6 Gabinetes de Investigação, 17 Gabinetes de Docentes e uma Sala de Reuniões.

Piso +1: De configuração semelhante ao piso inferior, este é composto basicamente por 3 salas de aprendizagem, 6 Gabinetes de Investigação, 17 Gabinetes de Docentes e uma Sala de Reuniões.

Prédio E: É um prédio utilizado essencialmente para acomodar os gabinetes dos docentes e gabinetes de investigação, tendo a seguinte disposição:

Piso -1: Composto por uma Subestação Térmica e 8 consultórios.

Piso 0: Composto por uma Sala de Café, 16 Gabinetes de Docentes e uma Sala de Reuniões.

Piso +1: De Configuração análoga ao piso inferior, este é composto por uma Sala de Café, 16 Gabinetes de Docentes e uma Sala de Reuniões.

2.2. Apresentação e Análise dos Dados

2.2.1. Dados Coletados

A medição dos consumos de energia elétrica e de gás propano das instalações é realizada mensalmente, e as informações coletadas são adicionadas nas suas respetivas planilhas do Excel referentes ao ano em questão, onde são caracterizadas por área de consumo, vide Anexo II. Foram disponibilizadas pelo Gabinete Técnico da UBI, as planilhas referentes aos anos de 2017, 2018 e 2019.

A planilha do consumo de energia elétrica apresenta os dados referentes às áreas da Cantina e Bar, Biotério, *Chillers* e também, o Total do Edifício. Esta ordenação dos dados, é possível devido à localização de contadores próprios que expressam o consumo em cada um destes locais.

É importante salientar que apenas aos *Chillers* GAA1 e GAA2 é requerida a refrigeração de todo o prédio, com exceção do Auditório e Anfiteatros do Piso +1 do Prédio A, sendo esta, realizada pelo *Chiller* GAA3.

Os modelos dos *Chillers* utilizados são:

- *Wesper* SLS 4202 série BLN/LN, referente aos *Chillers* GAA1 e GAA2, que operam num arranjo em paralelo.
- *Wesper* SLS 1202 série BLN/LN, referente ao *Chiller* GAA3.

A ficha técnica dos equipamentos consta no Anexo III.

A planilha de consumo de gás propano apresenta os dados caracterizados pelo consumo da cantina e pelo restante da FCS. Na área da cantina, o gás propano é utilizado apenas pelos equipamentos da cozinha para a preparação das refeições, e para aquecimento da água sanitária para lavagem das loiças e utensílios. Já no restante da FCS, o gás propano é empregue para abastecimento das caldeiras e dos laboratórios, sendo o consumo destes últimos, praticamente irrisório se comparado ao total.

2.2.2. Análise dos Dados

Por meio de uma estratificação os dados foram isolados e, em seguida, dispostos em diferentes folhas unificadas numa única planilha de consumos energéticos possibilitando, assim, a realização de uma análise do uso e consumo para cada fonte de energia, seguida pela determinação das respetivas médias e tendências de utilização. Tal análise foi feita com auxílio de algumas ferramentas da qualidade, sendo estas, Diagramas de Pareto, Diagrama de Dispersão e Histograma.

Desta forma, foi possível a identificação do uso significativo da energia referente a cada fonte. Com as áreas de *USE* constatadas, foram selecionados os indicadores de desempenho energético considerados mais apropriados a cada uma destas e ao sistema como um todo. Os resultados de tais análises são expostos nas já mencionadas folhas de cálculo apresentadas e descritas a seguir:

Folhas de Consumo Elétrico Anual:

Evidenciada no Anexo IV, esta folha foi desenvolvida a partir dos dados de consumo fornecidos, e descreve o consumo elétrico do edifício de forma mais generalizada, levando em consideração todas as suas áreas.

Na **coluna N** são apresentados os totais mensais do edifício expressos pelos contadores gerais de energia, que incluem os dispêndios de todos os equipamentos e iluminação.

Na **coluna O** é determinado o indicador de desempenho energético relativo ao consumo elétrico total mensal por m² de área: Deste modo, pôde ser realizada uma análise posterior mais detalhada, levando em consideração este *IDE* para diferentes setores das instalações.

Na **coluna P** é expresso o indicador de desempenho energético equivalente ao percentual do consumo total mensal em relação ao total anual, evidenciando assim, uma variável relevante que afeta diretamente o *USE*, neste caso, a temperatura, visto que nos meses mais quentes, o consumo de energia elétrica é substancialmente maior, sobretudo no mês de Julho.

Na **coluna Q** é indicado o consumo mensal alusivo aos Sistemas *AVAC*, Cantina e Biotério, representado pelo somatório das leituras, expressas nas colunas **D, E, F, H, I, K, L e M**, considerando como sistema *AVAC*, tanto os equipamentos de distribuição e circulação, quanto os Chillers.

Na **Coluna R** encontra-se o Consumo Mensal Geral do Sistema, isto é, consumo de equipamentos, tomadas e iluminação dos laboratórios, salas de aula, gabinetes e as demais instalações, sendo assim, expresso pela subtração do consumo total do edifício (**Coluna N**), pelo consumo mensal total do *AVAC*, Cantina e Biotério (**Coluna Q**).

Na **Coluna S** é evidenciado o indicador de desempenho energético relativo ao consumo mensal geral (**Coluna R**) por metro quadrado de área. Entretanto, foi encontrada uma incoerência não justificada. Visto que o consumo mensal geral compreende os dispêndios utilizados em iluminação, tomadas e outros equipamentos, durante o mês de Julho dos três anos analisados, o referido *IDE* apresentou-se significativamente elevado se comparado à média. Ao se considerar que Julho é um mês de recesso em todas as instalações da UBI, e também, que se dispõe de um maior fornecimento de luz natural, seria esperada uma redução do consumo e não o oposto.

Na **Linha 40** é calculada a média de consumo mensal, sendo esta, relativa a cada coluna.

Na **linha 41** tem-se o total acumulado para cada um dos sistemas descritos acima.

Na **linha 42** é expresso o indicador de desempenho energético referente ao consumo mensal relativo a cada setor, por m² de área, evidenciando assim, um alto consumo do biotério e da cantina se comparados ao restante da FCS.

Os dados referentes ao consumo anual, foram segmentados em três folhas:

Folha de Consumo da Cantina, Biotério e Chillers;

Folha de Consumo Geral, sendo este referente aos equipamentos, tomadas e iluminação;

Folha de Consumo Total Requerido pelo Sistema, onde são evidenciadas, as análises das áreas de uso significativo da energia.

Na Folha da Cantina, Biotério e Chillers:

O consumo elétrico relacionado às partes do AVAC, dos *Chillers* e dos equipamentos da Cantina, Bar e Biotério, nos anos de 2017, 2018 e 2019, foram segmentados mensalmente, como é evidenciado na Tabela II, e, posteriormente, calculado o indicador energético referente ao percentual do consumo em relação ao total de cada setor, revelando desta forma, as origens dos maiores dispêndios com energia dentro das áreas analisadas. Por meio de *Diagramas de Pareto*, os dispêndios energéticos mencionados, puderam ser evidenciados e hierarquizados graficamente.

De acordo com a Figura 6, referente ao consumo energético total anual da Cantina e Bar, o consumo do AVAC representa cerca de apenas 20% a 25% deste, e os equipamentos de utilização geral, a maior parte do consumo, em torno de 60%, sendo o consumo médio do bar, em relação ao total, de aproximadamente 17%.

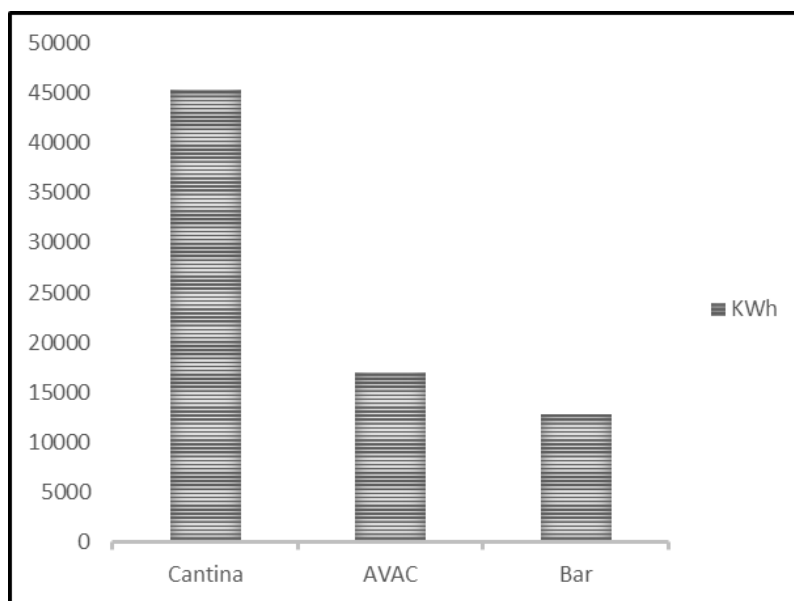


Figura 6: Disposição dos consumos elétricos da Cantina e Bar.

Visto que o consumo somente dos equipamentos da cantina já representa mais da metade do consumo total de toda a área da Cantina e Bar, este é expresso ao longo dos meses mediante os *Diagramas De Pareto* nas Figuras 7 e 8.

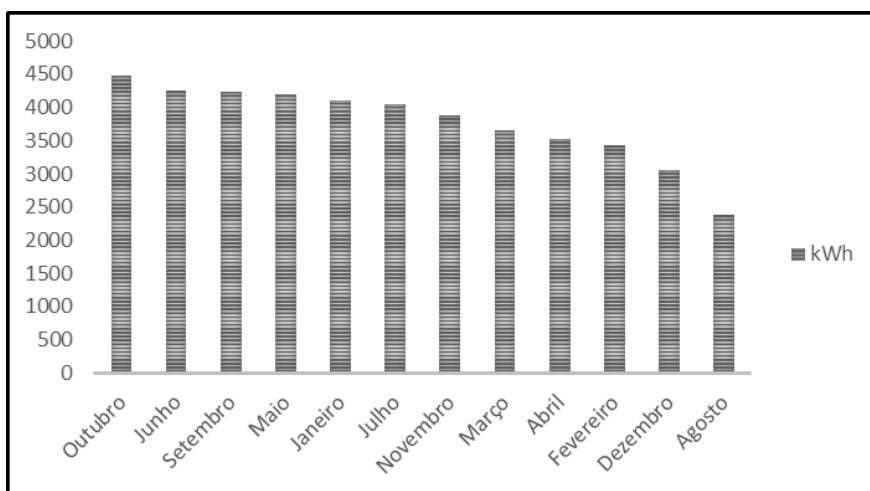


Figura 7: Consumo elétrico médio dos equipamentos da cantina ao longo dos meses.

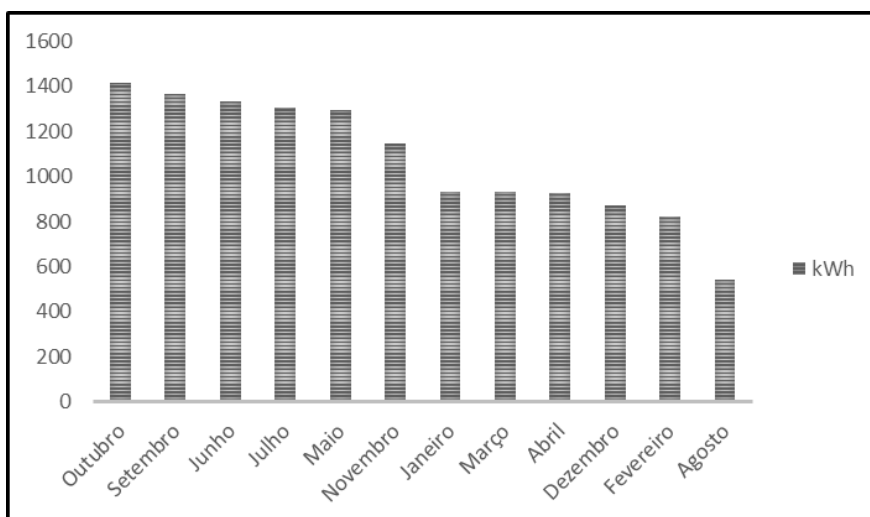


Figura 8: Consumo elétrico médio dos equipamentos do Bar ao longo dos meses.

Pode constatar-se nas Figuras 7 e 8 que os períodos de menor consumo são aqueles de atividade reduzida, neste caso, Agosto, Dezembro e Fevereiro. Em disparidade, os períodos de consumo mais elevados, são caracterizados por uma atividade mais intensa no edifício, sendo estes, relativos a Outubro, Junho, Setembro e Maio. Também é possível inferir que uma maior temperatura do ambiente afeta diretamente o consumo, dado que é exigida uma maior capacidade frigorífica dos equipamentos de frio, como frigoríficos e câmara de armazenamento de alimentos.

De forma análoga, na Figura 9 pode observar-se que o consumo do AVAC, na área da Cantina e Bar, também é determinado pelo nível de atividade no local; no entanto, além desta variável,

também se tem a temperatura externa. Os meses de maior consumo são os de maior atividade e menores temperaturas, neste caso, Outubro, Novembro e Janeiro, e os de menor consumo são Agosto, Abril e Julho.

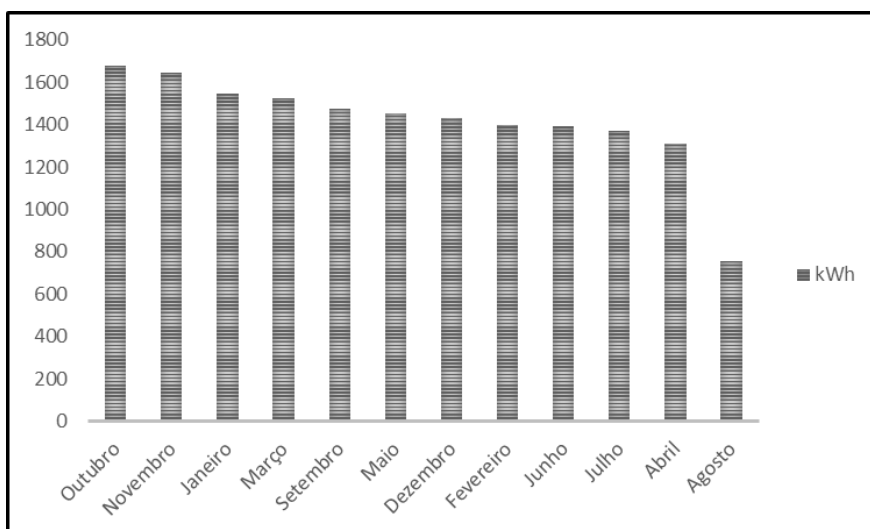


Figura 9: Consumo elétrico médio do AVAC na Cantina e Bar ao longo dos meses.

Em contrapartida, no biotério é precisamente o oposto, com uma representação média do AVAC de 70% a 80% do total, e os equipamentos utilizados, cerca de apenas 20% a 30%, como evidencia a Figura 10.

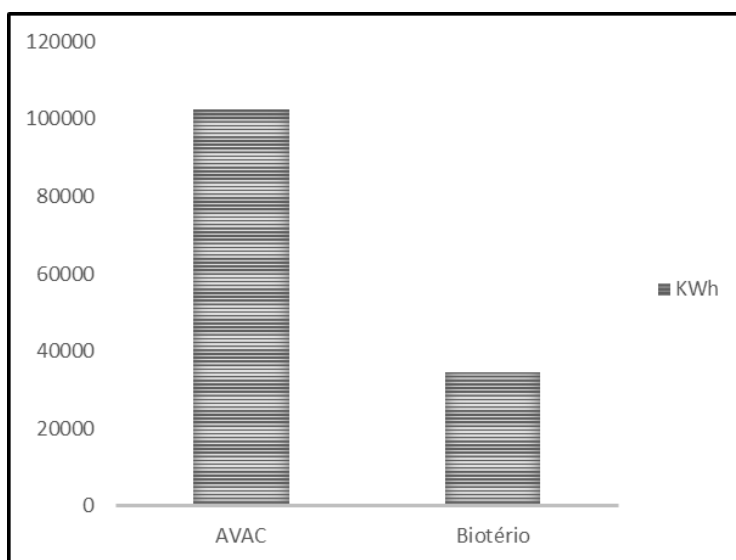


Figura 10: Disposição dos consumos elétricos do Biotério.

Esta utilização do AVAC ocorre devido à criticidade já mencionada anteriormente, sendo necessário um controlo rigoroso das condições do ambiente. Este controlo é refletido no consumo do AVAC no biotério ao longo dos meses conforme a Figura 11, onde se nota que os períodos de maior consumo são aqueles de maior carga térmica, sendo esta caracterizada por uma maior

temperatura externa, decorrente das estações do ano e associada a uma maior atividade no local. Esta relação pode ser visualizada no gráfico de dispersão apresentado na Figura 13.

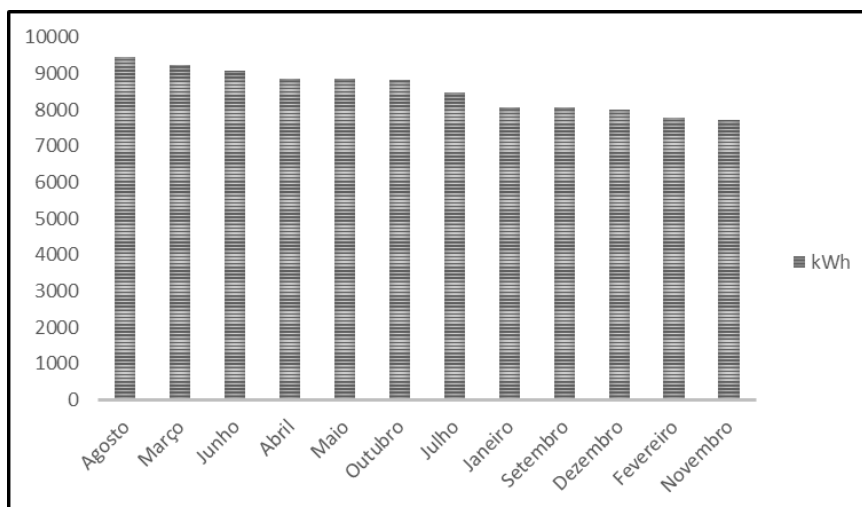


Figura 11: Consumo elétrico médio do AVAC no Biotério ao longo dos meses

No que se refere ao consumo dos *Chillers*, conforme é expresso nos diagramas de Pareto na Figura 12, o consumo do *Chiller* GAA3, para arrefecimento do auditório e anfiteatros, corresponde apenas, a aproximadamente 8% do total, ao passo que os *Chillers* GAA1 e GAA2 consomem uma média de 92% em relação ao total.

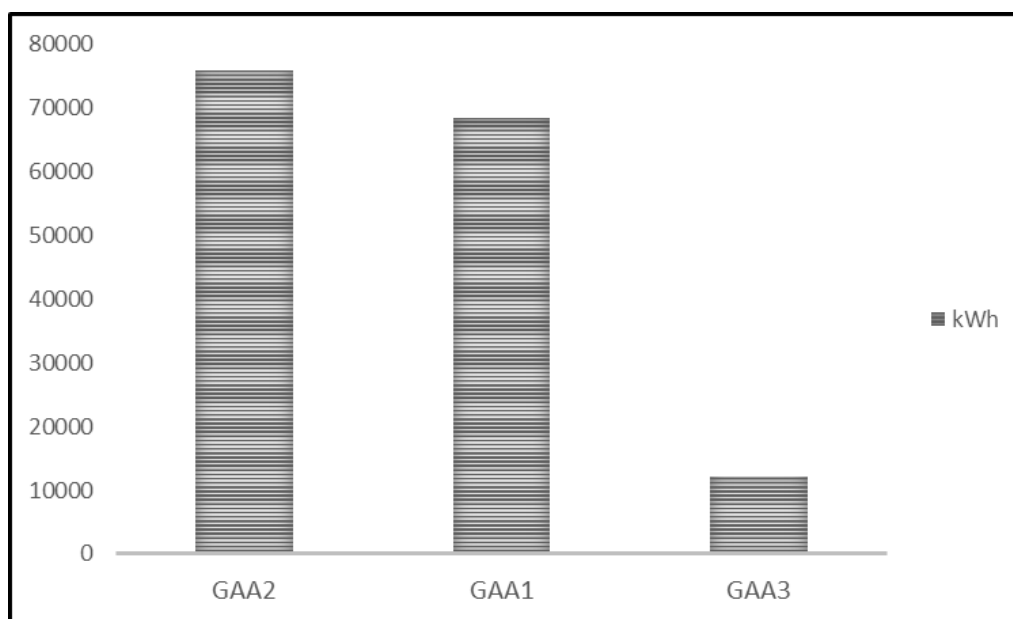


Figura 12: Consumo elétrico geral dos Chillers.

O consumo médio dos *Chillers* GAA1 e GAA2 nos anos de 2017 a 2019 ao longo dos meses, é evidenciado na Figura 13, onde se pode observar que a sua maior utilização ocorre nos meses de verão. Além disso, é importante salientar que embora a utilização dos dois se apresente relativamente balanceada, é de hábito a utilização de apenas um dos *Chillers* por vez, e também, dependendo da quantidade de frio a ser fornecido, apenas de um compressor, para que assim, o outro equipamento seja posto como reserva no caso de uma eventual avaria.

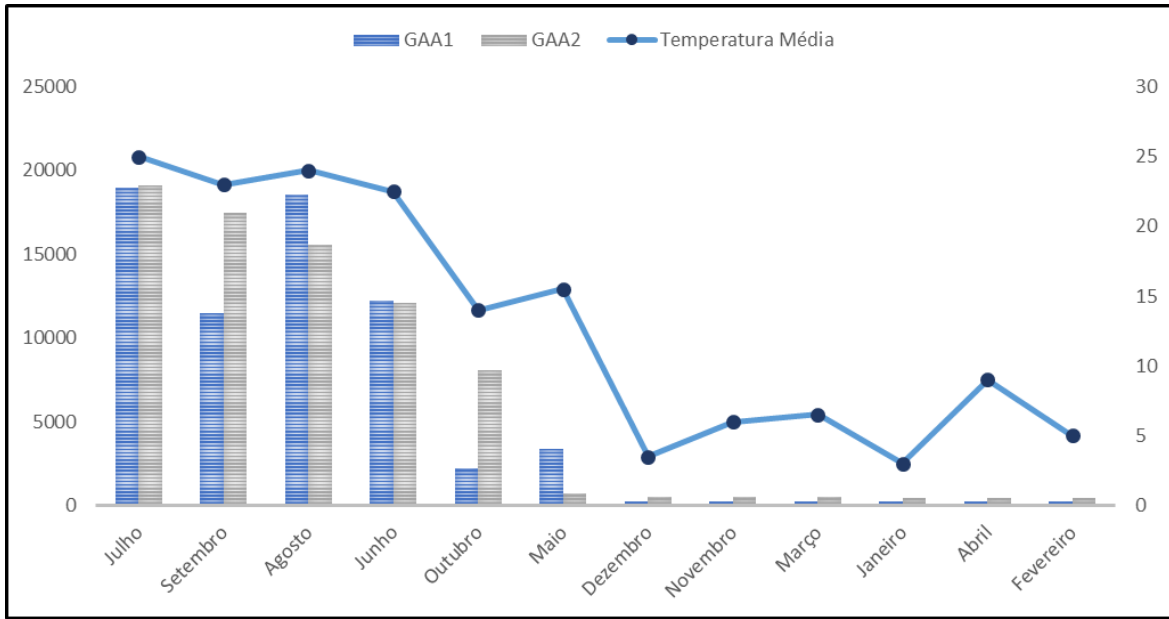


Figura 13: Consumo elétrico médio dos Chillers GAA1 e GAA2 aferidos em kWh e temperaturas médias em ° C da Covilhã no respetivo período.

Tabela II: Consumo Cantina e Bar, Biotério e Chillers em kWh.

2017	Cantina e bar			Biotério		Chiller´s		
	AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3
Janeiro	1390	5102	920	10362	3715	267	507	63
Fevereiro	1109	3403	737	9233	2917	231	432	48
Março	1603	4056	989	13182	3585	275	526	0
Abril	952	3335	869	12443	2722	237	465	110
Mai	1182	4203	1229	12373	3233	5974	496	735
Junho	1183	4560	1315	13031	3070	31401	513	4538
Julho	1089	3999	1218	11139	2718	34687	451	4619
Agosto	338	1349	308	13559	2976	30904	505	62
Setembro	1219	4654	1350	13099	3129	22549	533	2831
Outubro	1289	3861	1108	10213	2592	5854	472	175
Novembro	1678	3736	1051	9922	2601	269	524	65
Dezembro	1238	2449	614	8927	2778	252	488	59
Total	14270	44707	11708	137483	36036	132900	5912	13305
PCT %	20,19%	63,25%	16,56%	79,23%	20,77%	87,37%	3,89%	8,75%
2018	Cantina e bar			Biotério		Chiller´s		
	AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3
Janeiro	1658	3515	942	7149	3097	249	484	60
Fevereiro	1674	3633	925	7524	3088	263	509	65
Março	1515	3281	875	7301	3402	253	488	57
Abril	1587	3552	971	6852	2715	242	473	56
Mai	1643	3923	1239	6798	3333	257	524	141
Junho	1499	4018	1310	6562	3008	5116	12069	1113
Julho	1562	3928	1313	6529	2806	8165	31738	3883
Agosto	990	2556	369	7105	2426	7335	45734	1745
Setembro	1728	4080	1411	5465	2102	3213	44612	5368
Outubro	1793	4191	1391	7804	2932	489	12230	548
Novembro	1818	4037	1182	7318	3006	267	519	61
Dezembro	1514	3384	1034	6625	3207	284	567	63
Total	18981	44098	12962	83032	35122	26133	149947	13160
PCT %	24,96%	57,99%	17,05%	70,27%	29,73%	13,81%	79,24%	6,95%
2019	Cantina e bar			Biotério		Chiller´s		
	AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3
Janeiro	1593	3687	936	6702	3271	245	451	68
Fevereiro	1410	3276	807	6587	2706	224	435	50
Março	1454	3614	924	7242	3076	236	462	53
Abril	1391	3669	938	7311	3065	257	500	58
Mai	1534	4496	1421	7386	3355	3915	1089	911
Junho	1492	4183	1366	7675	2937	246	23775	1311
Julho	1454	4220	1380	7781	2645	14137	25154	4374
Agosto	943	3255	945	7675	1805	17338	479	178
Setembro	1482	3963	1337	5639	1875	8754	7345	2257
Outubro	1944	5376	1746	8498	3133	296	11533	404
Novembro	1429	3889	1197	5916	2504	225	440	49
Dezembro	1531	3349	971	8482	2550	250	496	61
Total	17657	46977	13968	86894	32922	46123	72159	9774
PCT %	22,46%	59,77%	17,77%	72,52%	27,48%	36,02%	56,35%	7,63%
Média	Cantina e bar			Biotério		Chiller´s		
	AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3
Total Médio	16969,3	45260,7	12879,3	102469,7	34693,3	68385,3	76006,0	12079,7
PCT %	22,59%	60,26%	17,15%	74,71%	25,29%	43,70%	48,58%	7,72%

Na Folha de Consumo Geral:

O consumo elétrico alusivo a equipamentos, tomadas e iluminação de cada ano, foram decompostos mensalmente, como é evidenciado na Tabela III. Desta forma, estes apresentam um consumo médio mensal em torno de 1.124.569 kWh. Em seguida, foi calculado o indicador energético referente ao percentual de consumo no período reservado.

Este IDE reafirma o IDE referente ao consumo energético por m², já mencionado anteriormente, e desta forma, ressalta a incoerência ao evidenciar um maior consumo em Julho, de cerca de 10,6% do total anual, que nos restantes meses do ano. A progressão do consumo é graficamente apresentada por meio do Histograma da Figura 14.

Tabela III: Consumo Geral de Iluminação, Tomadas e Equipamentos em kWh.

Consumo Geral Iluminação, Tomadas e Equipamentos							
Mês	2017	PCR - % No Período Reservado	2018	PCR - % No Período Reservado	2019	PCR - % No Período Reservado	Média Total
Janeiro	86008	7,54%	90112	8,06%	91014	8,16%	89044,67
Fevereiro	101831	8,93%	99379	8,88%	101555	9,11%	100921,7
Março	77576	6,80%	90764	8,11%	85999	7,71%	84779,67
Abril	82420	7,23%	92296	8,25%	84512	7,58%	86409,33
Maio	66143	5,80%	75243	6,73%	60668	5,44%	67351,33
Junho	112361	9,86%	71446	6,39%	79940	7,17%	87915,67
Julho	154159	13,52%	101902	9,11%	102975	9,24%	119678,7
Agosto	67548	5,93%	94400	8,44%	103201	9,26%	88383
Setembro	101127	8,87%	104906	9,38%	106471	9,55%	104168
Outubro	107919	9,47%	110723	9,90%	101594	9,11%	106745,3
Novembro	91711	8,04%	93754	8,38%	101390	9,09%	95618,33
Dezembro	91247	8,00%	93720	8,38%	95693	8,58%	93553,33
Total	1140050	100%	1118645	100%	1115012	100%	1124569
Média Mensal	95004,17	8,33%	93220,42	8,33%	92917,67	8,33%	93714,08

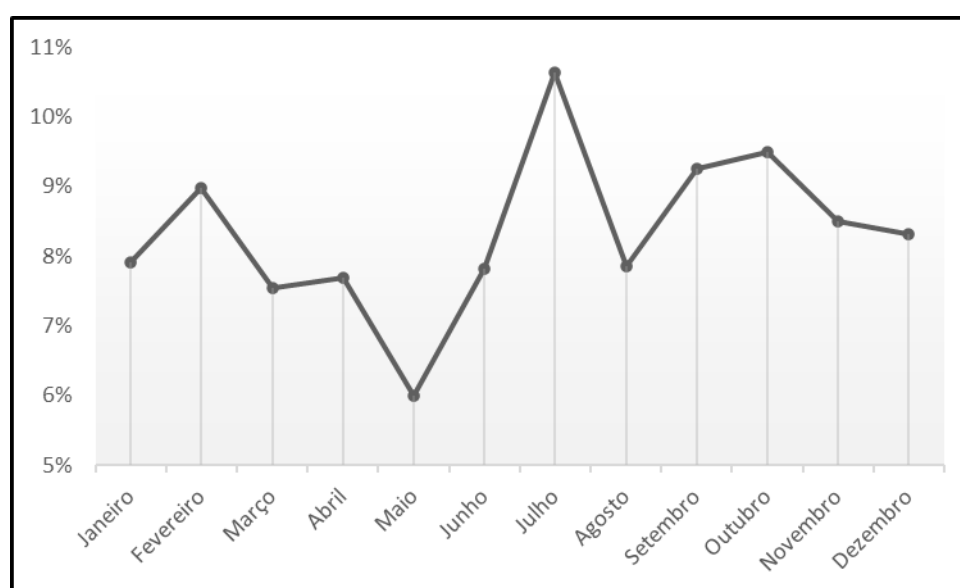


Figura 14: Progressão do consumo elétrico médio da iluminação, tomadas e equipamentos ao longo do ano.

Na Folha Consumo da FCS e Cantina:

Os consumos de gás propano relativo à cantina e ao restante da FCS nos anos de 2017, 2018 e 2019, foram dispostos mensalmente, como é evidenciado na Tabela IV. Desta forma, foi possível determinar o consumo médio ao longo do ano e, em seguida, os *IDE* referentes ao percentual mensal em relação ao total anual para cada setor analisado, e o consumo de gás propano por m² de área, sendo para este, considerado a área de 630 m² para o consumo da cantina, e 21.500 m² para o consumo da FCS, visto que as caldeiras tem a função de aquecimento de todo o prédio.

Tabela IV: Consumo de gás propano da Cantina e FCS.

2017	FCS	PCT	Cantina	PCT
Janeiro	16501	24,73%	401	8,60%
Fevereiro	12312	18,45%	444	9,52%
Março	9486	14,22%	634	13,59%
Abril	4012	6,01%	355	7,61%
Maio	2400	3,60%	473	10,14%
Junho	167	0,25%	297	6,37%
Julho	150	0,22%	265	5,68%
Agosto	0	0,00%	0	0,00%
Setembro	291	0,44%	461	9,88%
Outubro	233	0,35%	404	8,66%
Novembro	9410	14,10%	637	13,66%
Dezembro	11766	17,63%	293	6,28%
Total	66728	100%	4664	100,00%
Total por m2	3,10		7,40	

2019	FCS	PCT	Cantina	PCT
Janeiro	17580	22,74%	564	11,63%
Fevereiro	13164	17,03%	470	9,69%
Março	9942	12,86%	492	10,14%
Abril	5317	6,88%	429	8,84%
Maio	361	0,47%	495	10,20%
Junho	293	0,38%	364	7,50%
Julho	121	0,16%	232	4,78%
Agosto	3	0,00%	28	0,58%
Setembro	290	0,38%	373	7,69%
Outubro	4377	5,66%	614	12,66%
Novembro	11495	14,87%	481	9,92%
Dezembro	14353	18,57%	309	6,37%
Total	77296	100%	4851	100,00%
Total por m2	3,60		7,70	

2018	FCS	PCT	Cantina	PCT
Janeiro	15858	18,95%	572	11,52%
Fevereiro	15973	19,09%	588	11,84%
Março	14982	17,90%	466	9,38%
Abril	6322	7,55%	452	9,10%
Maio	466	0,56%	494	9,95%
Junho	210	0,25%	369	7,43%
Julho	128	0,15%	256	5,15%
Agosto	15	0,02%	27	0,54%
Setembro	210	0,25%	364	7,33%
Outubro	1314	1,57%	494	9,95%
Novembro	14445	17,26%	560	11,27%
Dezembro	13771	16,45%	325	6,54%
Total	83694	100%	4967	100,00%
Total por m2	3,89		7,88	

Médio	FCS	PCT	Cantina	PCT
Janeiro	16646	21,93%	512	10,61%
Fevereiro	13816	18,20%	501	10,37%
Março	11470	15,11%	531	10,99%
Abril	5217	6,87%	412	8,53%
Maio	1076	1,42%	487	10,10%
Junho	223	0,29%	343	7,11%
Julho	133	0,18%	251	5,20%
Agosto	6	0,01%	18	0,38%
Setembro	264	0,35%	399	8,27%
Outubro	1975	2,60%	504	10,44%
Novembro	11783	15,52%	559	11,59%
Dezembro	13297	17,52%	309	6,40%
Total	75906	100%	4827	100,00%
Total por m2	3,53		7,66	

Mais uma vez os Diagramas de Pareto se revelaram de grande utilidade. Por meio destes, uma representação gráfica do consumo de gás propano pôde ser apresentada. De acordo com a Figura 15, referente ao consumo de gás propano médio anual, o dispêndio da FCS relativo às caldeiras e laboratórios, equivale a cerca de 94% do total, ou seja, 75.906 m³, os 6% restantes, em torno de 4.827 m³, representam o consumo da cantina.

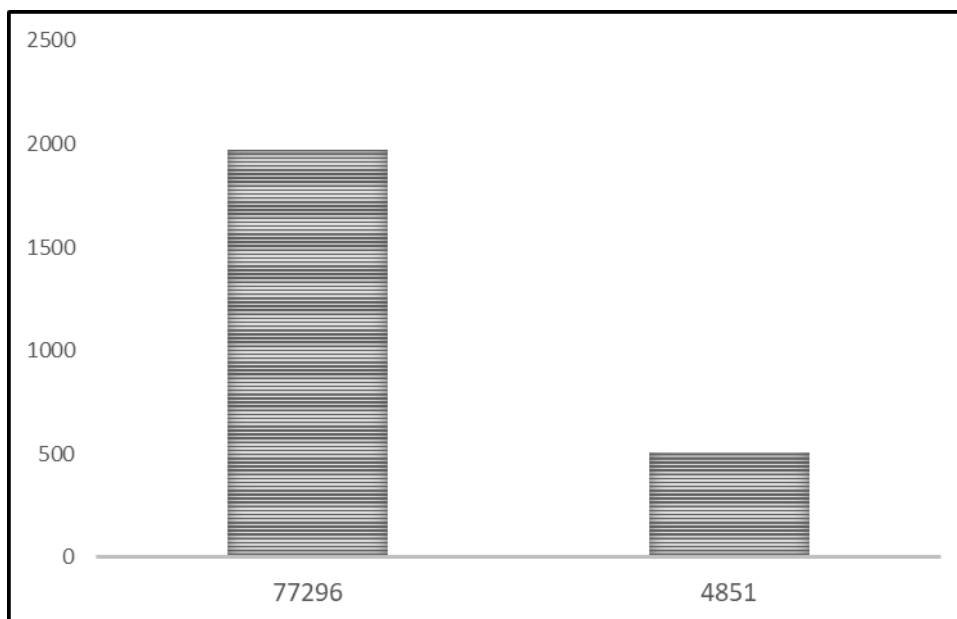


Figura 15: Consumo médio anual de gás propano de todas as instalações da FCS.

Como pode ser observado na Figura 16, o consumo de gás propano relativo à FCS é variável ao longo do ano, visto que as caldeiras detêm a função de aquecimento das instalações e equivalem à maior parte do consumo de tal fonte. É previsto que os períodos de maior utilização sejam os meses de inverno e, também, os meses precedentes e subsequentes a estes, neste caso, Novembro e Março. Por outro lado, o consumo de gás propano durante o verão é quase insignificante se comparado ao resto do ano. A relação entre o consumo de gás propano e a temperatura ao longo do ano pode ser vista no histograma associado ao gráfico de dispersão apresentado na Figura 17.

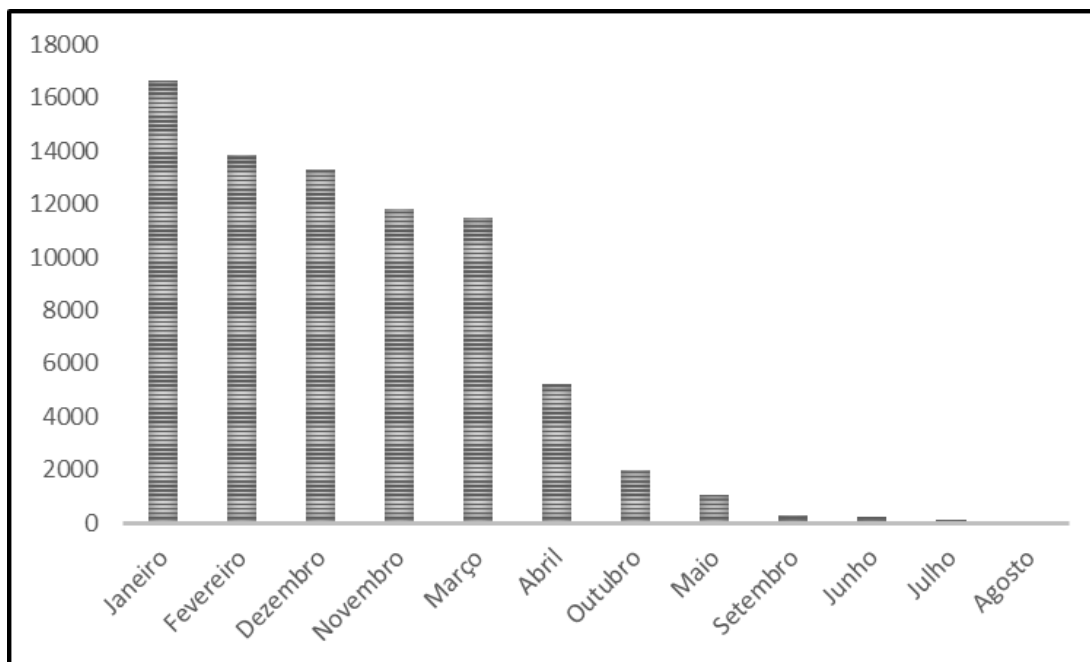


Figura 16: Progressão do consumo de gás propano médio da FCS em m³ ao longo do ano.

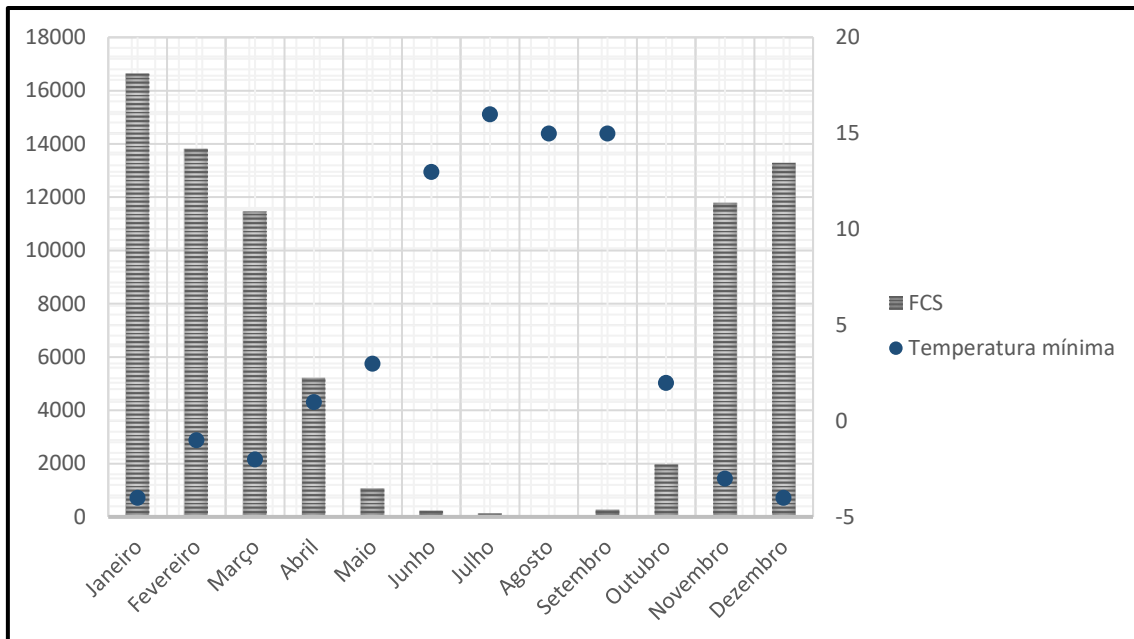


Figura 17: Relação entre o consumo médio de gás propano da FCS em m³ e as temperaturas mínimas da Covilhã em °C ao longo do ano.

Relativamente ao consumo de gás propano da cantina, este também apresenta uma variabilidade ao longo do ano, ainda que menor se comparada à totalidade da FCS. Conforme a Figura 18 demonstra, pode-se inferir que o consumo da cantina está diretamente associado à intensidade das atividades e movimentações na FCS, visto que os dispêndios energéticos se apresentam maiores durante o período letivo e praticamente nulos durante o recesso em Agosto, se comparados ao resto do ano. É importante também caracterizar que o consumo pode se apresentar relativamente maior nos meses mais frios, em virtude de uma maior capacidade calorífica demandada para produção de água quente sanitária para lavagem das loiças.

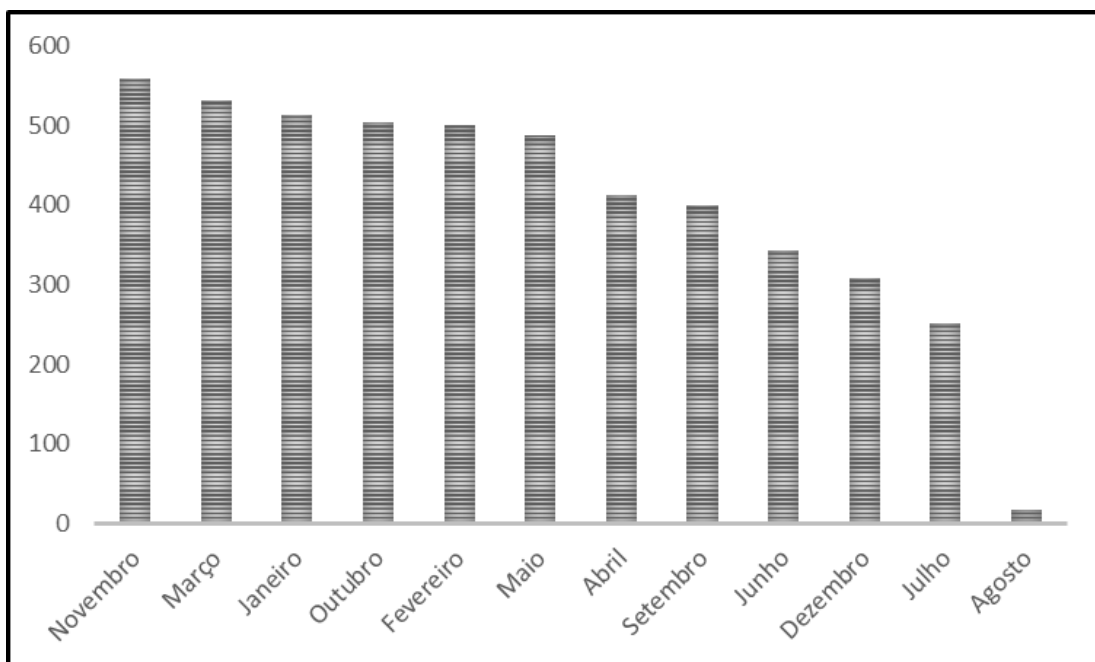


Figura 18: Progressão do consumo de gás propano médio da Cantina em m³ ao longo do ano.

Na Folha Consumo Total Requerido pelo Sistema:

Evidenciada no Anexo V, esta folha corresponde à unificação do consumo e do USE referente à cada um dos setores analisados, bem como às suas respectivas fontes, sendo estes descritos, por índices de desempenho energético com base no consumo médio de cada área em relação aos totais despendidos por ano nas instalações da FCS. Os consumos analisados são apresentados graficamente mediante um Diagrama de Sankey, conforme se ilustra na Figura 19. Além disso, é determinante salientar que, embora o consumo de gás propano seja mensurado em metros cúbicos, na unificação dos dados, tal unidade foi convertida para kilowatts-hora⁵.

Desta forma, o sistema consome aproximadamente 2.345.049 kWh por ano. Cerca de 36% deste total, isto é, 851.737 kWh, é representado pelos dispêndios com gás propano, sendo mais de 90% deste, destinado ao abastecimento das caldeiras, como já foi anteriormente mencionado.

Já o consumo elétrico médio anual, corresponde a 64% do consumo total do sistema, cerca de 1.493.312 kWh. Deste montante, apenas 25%, ou seja, 368.743 kWh, são utilizados para a alimentação do Biotério, Cantina e AVAC. Os 75% restantes, aproximadamente 1.124.569 kWh, são destinados à Iluminação, Tomadas e Equipamentos dispostos nas demais áreas do edifício.

Em relação a este consumo elétrico, o Biotério apresenta um consumo médio anual de 137.163 kWh, que equivale a aproximadamente, 9,2% do total consumido, dos quais 2,3% correspondem à iluminação e equipamentos, e 6,9% ao AVAC, tendo sido as justificativas para este maior valor, já elucidadas anteriormente.

Embora a Cantina e Bar apresentem um consumo médio anual de 126.038 kWh, cerca de 6% do total, este subdivide-se em dois, consumo elétrico e consumo de gás propano. O primeiro representa a maior parte, 60% do consumo, cerca de 75.109 kWh, e o segundo, 50.928 kWh, referentes aos 40% restantes.

Em relação ao consumo elétrico total da FCS, a cantina corresponde a cerca de apenas 5%, dos quais, 3,9% são referentes ao consumo dos equipamentos e iluminação, e 1,1% ao consumo do AVAC. Já em relação ao consumo de gás propano total da FCS, a cantina representa cerca de 5,4%.

Assim como a Cantina e Bar, o consumo do sistema AVAC subdivide-se em dois, no consumo de gás propano, referente às caldeiras, e no consumo elétrico, referente aos *Chillers*, Unidades de Tratamento de Ar, Unidades de Tratamento de Ar Novo, Bombas, Ventiladores, entre outros. Ao se considerar ambos os consumos, o AVAC totaliza 1.076.718 kWh, correspondendo a 46% do total utilizado anualmente no edifício.

O consumo médio gás de propano das caldeiras, é de aproximadamente 800.808 kWh, equivalendo a 34,15% do consumo total do edifício, e 74% do consumo total do sistema AVAC. Já o consumo de energia elétrica dos outros elementos do AVAC, é de 275.910 kWh, correspondendo assim, a 11,8% do total do edifício e cerca de 26% do total do AVAC.

⁵ Sabendo que 1 m³ de gás propano equivale a aproximadamente 10,55 kWh.

Entretanto, para uma descrição ainda mais detalhada do sistema, destes 275.910 kWh, 52%, isto é, 144.391 kWh, são consumidos apenas pelos *Chillers*, os 48% restantes, por volta de 119.439 kWh, são consumidos pelos outros componentes do sistema.

De modo geral, em 2018 a FCS reduziu o seu consumo energético em relação a 2017, em torno de 2,23%, e, em 2019 reduziu seu consumo em relação a 2018, em torno de 4,03%. Em 2020, tal comparação não poderá ser efetuada de modo fiável devido à pandemia de COVID-19, visto que devido a circunstâncias inesperadas o consumo energético não seguiu padrões normais de utilização.

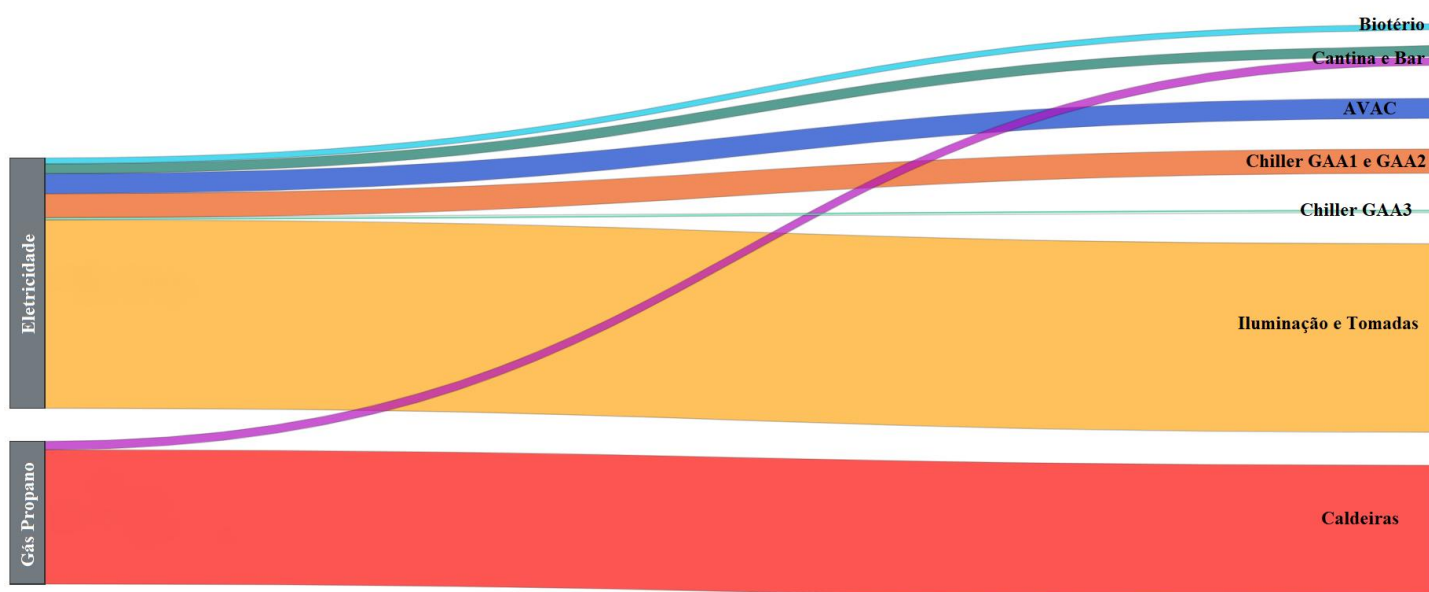


Figura 19: Consumo médio total da FCS por ano.

3 Propostas de Melhorias

Com base nas análises realizadas, foi possível detetar as áreas de maior consumo energético, e consequentemente, identificar eventuais oportunidades de melhorias. Embora estas se encontrem em diferentes domínios, cada uma apresenta um potencial significativo para um aumento da eficiência, e uma subsequente redução de custos e desperdícios. Tais oportunidades, abarcam metodologias e ferramentas previamente mencionadas, como *Lean*, *Six Sigma*, Análise de Tecnologias Emergentes, Estratégias de Manutenção e Sistemas de Monitorização.

3.1. Substituição de Equipamentos AVAC

Uma vez que o consumo do sistema AVAC representa praticamente metade do consumo total da FCS, este pode ser reduzido com a substituição dos equipamentos atuais por outros mais eficientes, em particular dos *Chillers* e Caldeiras, visto que apenas estes, correspondem a 88% do consumo energético do sistema AVAC. Além disso, tais equipamentos foram adquiridos no ano de 2005, de forma que a sua vida útil já se encaminha para o período de abate, visto que a expectativa de funcionamento adequado destes equipamentos é geralmente de 15 a 20 anos.

Desta forma, é recomendada a substituição dos *Chillers* e Caldeiras por bombas de calor, equipamentos estes que apresentam uma maior eficiência energética se comparado às outras tecnologias de aquecimento e arrefecimento, além de desempenharem a função de ambos os equipamentos substituídos, unificando assim, os sistemas de aquecimento e arrefecimento.

Uma outra vantagem apresentada e que reafirma a sua maior eficiência, é que o calor retirado do ambiente no funcionamento a frio, pode vir a ser reaproveitado para a preparação de água quente. Isto pode ser feito com um permutador de calor auxiliar, montado no circuito de arrefecimento da bomba de calor.

A substituição das caldeiras pode, também, ser justificada pelas normativas da União Europeia no que se refere à redução das emissões de Gases do Efeito Estufa, já relatadas anteriormente, visto que estes equipamentos são alimentados a gás propano, e a sua queima resulta na liberação de dióxido de carbono na atmosfera.

Para mais, o sistema para arrefecimento das instalações encontra-se sobredimensionado, visto que por vezes, o *Chiller* em operação, atua com apenas um compressor ao invés de dois, desempenhando assim, somente metade da sua capacidade.

3.2. Implementação de Novas Tecnologias

A implementação de novas tecnologias como *Smart Meters* e o sistema KNX para uma automatização do sistema, denota um grande potencial para o aumento da eficiência. Ao entrar em convergência com as ferramentas *Lean*, *Andon* e *Jidoka*, os *Smart Meters* podem proporcionar um maior controlo e análise dos dados para uma avaliação de melhorias, e o sistema KNX, uma redução significativa do consumo energético.

3.2.1. Smart Meters

Os *Smart Meters*, ilustrados na Figura 20, são contadores eletrónicos que possibilitam uma medição mais meticulosa da energia consumida e fornecem, em tempo real, dados referentes ao consumo energético, valores de tensão e frequência da carga, por exemplo. Tais dados podem ser visualizados remotamente por meio de um *smartphone* ou computador [59].



Figura 20: Modelos de Smart Meter [60][61].

Além disso, estes dispositivos permitem a interface com o ambiente mensurado, permitindo inclusive, a ativação e desativação do fornecimento de forma remota e também o envio de um alerta no caso de uma interrupção não notificada, ou consumo de energia acima dos parâmetros expectáveis [59].

Desta forma, a obtenção de dados é simplificada e mais precisa, tornando possível a aplicação de outras Ferramentas da Qualidade, como as Cartas de Controlo e o Diagrama de Ishikawa. A primeira, pode ser elaborada pela média de consumo ao longo do tempo, e em tempo real, garantindo assim, a efetividade do plano estratégico mediante um melhor controlo e estruturação de um plano de manutenção condicionada, sendo este, adequado tanto ao critério dos parâmetros monitorados, quanto ao dos seus respetivos limites padrão. A segunda, pode ser empregue para analisar os dados e identificar os fatores que acarretam num maior dispêndio energético.

3.2.2. Tecnologias de Controlo KNX

A Associação KNX é uma organização não lucrativa fundada em 1999. Foi inicialmente integrada por fabricantes de dispositivos para inúmeras aplicações no controlo de edifícios. Posteriormente, passou a ser constituída também por provedores de serviços, como empresas de telecomunicações e de *software*. Com a sua expansão, a KNX concluiu mais de 75.000 acordos de parceria em mais de 164 países, incluindo parceiros científicos na comunidade académica [62].

Por meio da formação dos padrões KNX, a automação em edifícios de todo o mundo pôde ser padronizada. Com isto, foi possibilitado a diversos fabricantes, que projetassem a automação dos seus produtos utilizando os mesmos padrões, tornando-os assim, compatíveis entre si [62].

As tecnologias de controlo KNX tem sido amplamente utilizadas na melhoria da eficiência energética. A instalação de um sistema inteligente de controlo e automação, pode reduzir o consumo de energia em diversas áreas, principalmente na iluminação e climatização de ambientes, que são sobretudo, as áreas de maior dispêndio no ambiente analisado. Uma escola na Áustria, por exemplo, ao usar as tecnologias KNX, reduziu o seu consumo energético em aproximadamente 84%, de 160kWh/m² para 25 kWh/m² [63].

Para obtenção de uma maior eficiência energética no controlo da iluminação dos ambientes em análise, recomenda-se a utilização de três estratégias de controlo conjuntamente, sendo estas:

Controlo de Escurecimento: Esta estratégia é utilizada para controlar o *output* de uma lâmpada, e promover uma variação nos níveis de iluminação de um determinado ambiente. Este tipo de controlo é mais dispendioso devido aos custos adicionais dos componentes de escurecimento, como balastos eletrónicos para lâmpadas fluorescentes e *drivers dimerizáveis* para lâmpadas LED. Tal estratégia, é geralmente aplicada apenas como parte das próximas a serem apresentadas [64].

Controlo de Ocupação: Esta estratégia emprega sensores para controlar a iluminação. Podem ser utilizados sensores de ocupação ou de vacância⁶; os primeiros acionam automaticamente as luzes quando detetam presença na sala, e as desligam quando a sala é desocupada. Os segundos, requerem que a iluminação seja ligada manualmente, no entanto, esta é automaticamente desligada caso a sala seja desocupada [64].

Controlo ligado à Luz do Dia: Consiste em tirar proveito da luz disponível durante o dia e ajustar a quantidade de iluminação restante a ser artificialmente fornecida, para que assim, se disponha de um nível suficiente de luz no ambiente em questão. No caso da FCS, é recomendado uma intensidade de 500 lux nas áreas de trabalho. Tal estratégia é frequentemente empregue em combinação com as outras supracitadas [63][64].

⁶ Embora apresentem nomes distintos, são comumente referidos como sensores/detetores de ocupação, podendo também ser designados como sensores/detetores de presença.

Através destas estratégias obtêm-se resultados expressivos, podendo atingir uma economia superior a 25% se comparado a um sistema de iluminação manual, levando em conta parâmetros como a estação do ano, clima e localização do edifício. O grupo ABB [63], um dos membros da Associação KNX, apresenta 4 modelos de arranjos para a otimização do controlo da iluminação por meio das estratégias descritas, sendo estes:

- I. Fazendo uso do controlo ligado à luz do dia, tal modelo consiste na instalação de um controlador de iluminação ligado ao sistema KNX, e a este controlador, são conectados um sensor de luminosidade e os balastos eletrónicos referentes a cada lâmpada do local. Deste modo, o sensor de luminosidade estima o montante de luz natural disponível no momento; caso a iluminação natural atinja os parâmetros ideais, o controlador automaticamente desliga as luzes, minimizando assim os desperdícios; caso contrário, a iluminação artificial pode ser ligada manualmente. O esquema é evidenciado na Figura 21.

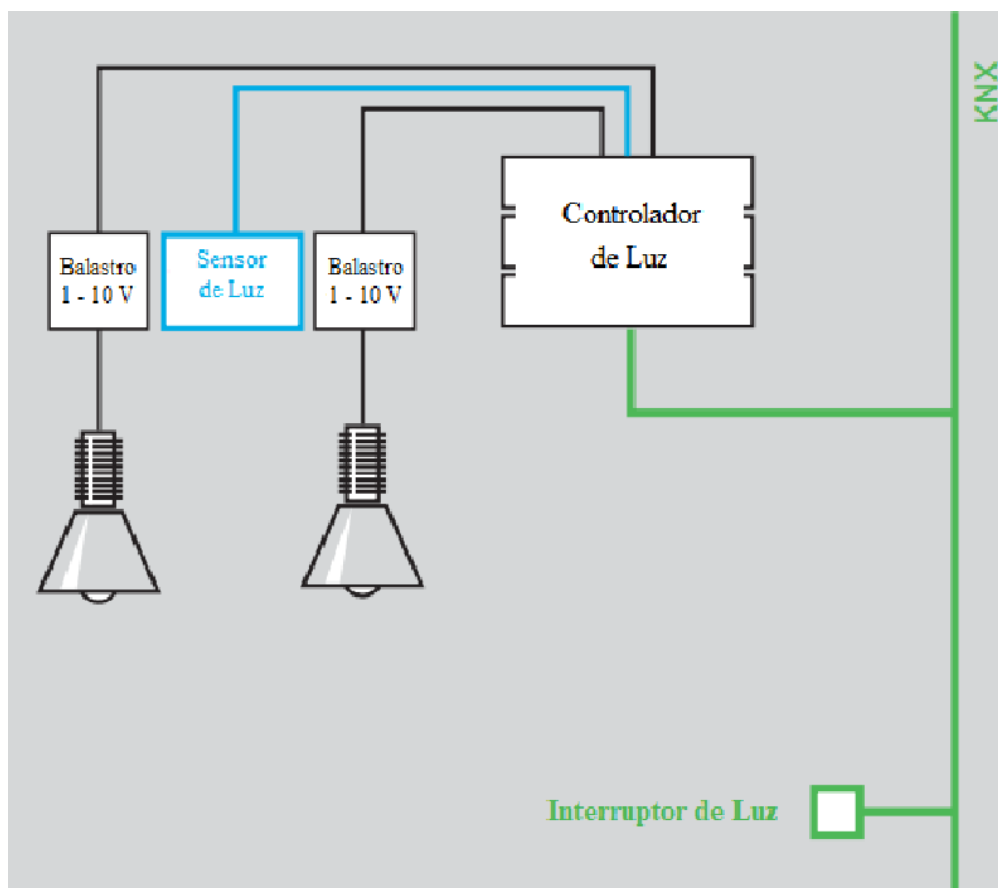


Figura 21: Estratégia I de Controlo de Iluminação [63].

- II. Semelhantemente ao modelo I, este compreende a instalação de um controlador de iluminação ligado ao sistema KNX, no entanto, neste caso apenas o sensor de luminosidade é conectado ao controlador. Balastros DALI⁷ por sua vez, são conectados a um Gateway DALI⁸, evidenciado na Figura 22, que também se encontra ligado ao sistema KNX. Desta forma, pode-se dispor de uma interface de iluminação digital endereçável. Com esta interface, um controlo remoto do sistema de iluminação é viabilizado. Além disso, também se torna possível a implementação de uma estratégia de manutenção condicionada e da Ferramenta *Lean, Andon*, que deteta e reporta eventuais irregularidades. Tal configuração pode ser visualizada na Figura 23.

Este modelo, apresenta a estratégia de controlo ligado à luz do dia; contudo, é possível também a utilização da estratégia de controlo de ocupação, sendo esta por meio da substituição do sensor de luminosidade por um sensor de presença, apresentado na Figura 24, que além da deteção de presença, também integra a função do equipamento substituído.

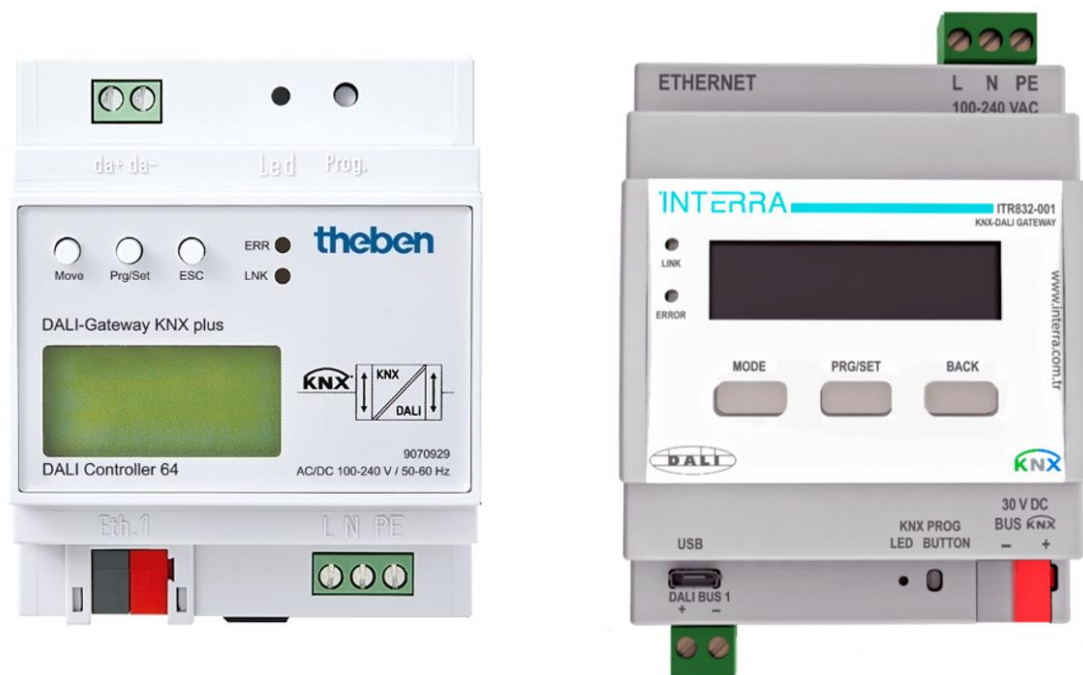


Figura 22: Modelos de DALI Gateway [65][66].

⁷ Para um sistema com utilização de lâmpadas fluorescentes, no caso de lâmpadas LED, seriam utilizados os *drivers*.

⁸ *Digital Addressable Lighting Interface*.

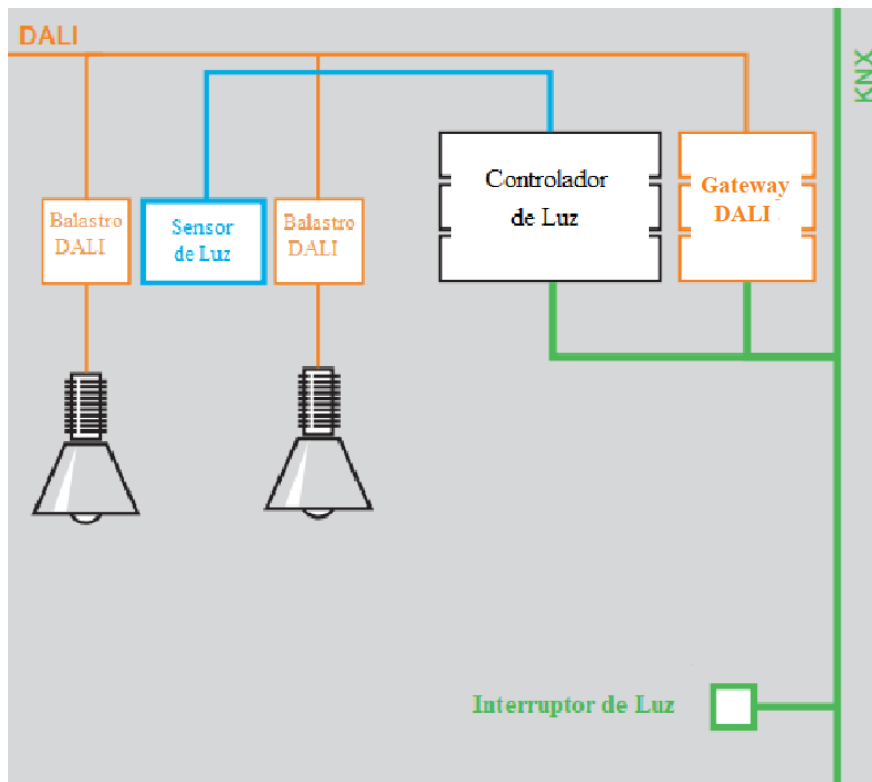


Figura 23: Estratégia II de controlo de iluminação [63].



Figura 24: Modelos de detetores de presença [67].

- III. Com uma estratégia de controlo da luz do dia associada à de controlo de escurecimento, este modelo baseia-se na instalação de um controlador da sala, que apresenta para além do módulo de controlo de iluminação, um módulo atuador de escurecimento. Balastos eletrónicos⁹ e um sensor de luminosidade são ligados ao controlador, e este por sua vez, é conectado à rede KNX, como evidencia a Figura 25.

Desta forma, o sensor de luminosidade mede a quantidade de luz a ser fornecida naturalmente num dado instante, e o módulo atuador de escurecimento aciona as luzes apenas no gradiente necessário, para que assim, seja fornecida artificialmente a iluminação necessária restante, sem que haja desperdícios.

⁹ Neste caso, balastos eletrónicos devido à utilização de lâmpadas fluorescentes, no caso de lâmpadas LED, seriam utilizados os *drivers dimerizáveis*.

Também é exequível a introdução de uma estratégia de controlo de ocupação, ao permutar o sensor de luz por um sensor de presença, como pode ser realizado no Modelo II.

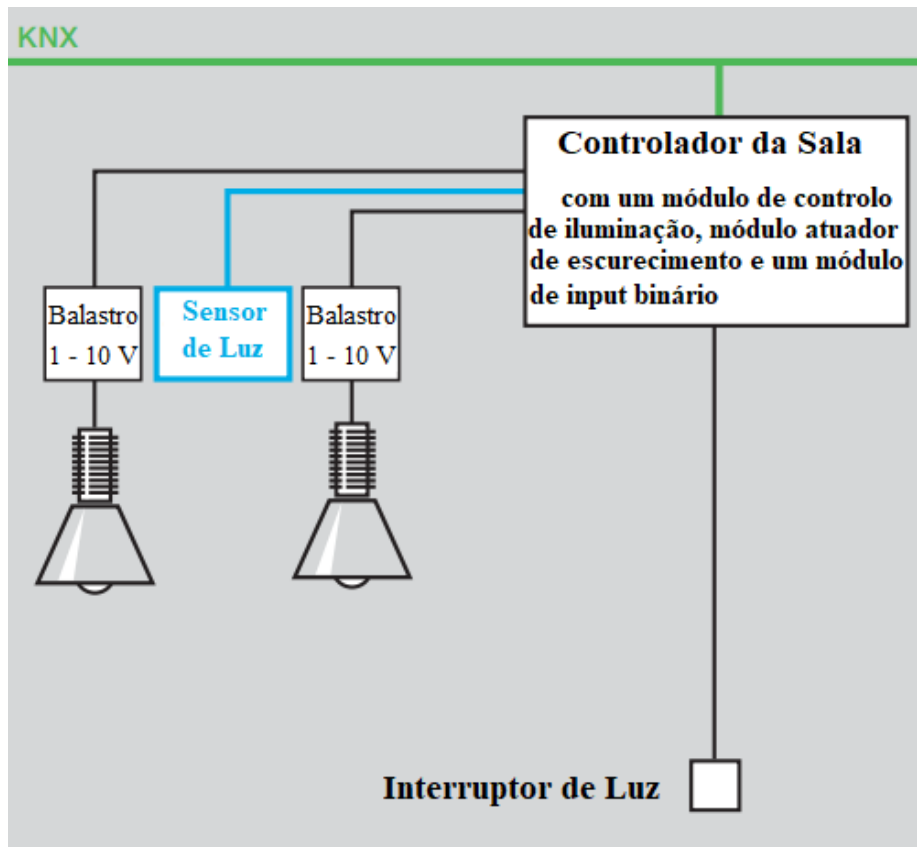


Figura 25: Estratégia III de controlo de iluminação [67].

- IV. Ao aplicar todas as estratégias referidas, este modelo caracteriza-se pela conexão de balastros eletrónicos referentes a cada lâmpada, a um atuador de escurecimento, que por sua vez, é ligado à rede KNX. Existe, também, um detetor de presença ligado à rede, que envia os parâmetros de escurecimento ao atuador. Por fim, este configura os balastros para que a luz adicional necessária seja devidamente fornecida. Tal solução pode ser visualizada na Figura 26.

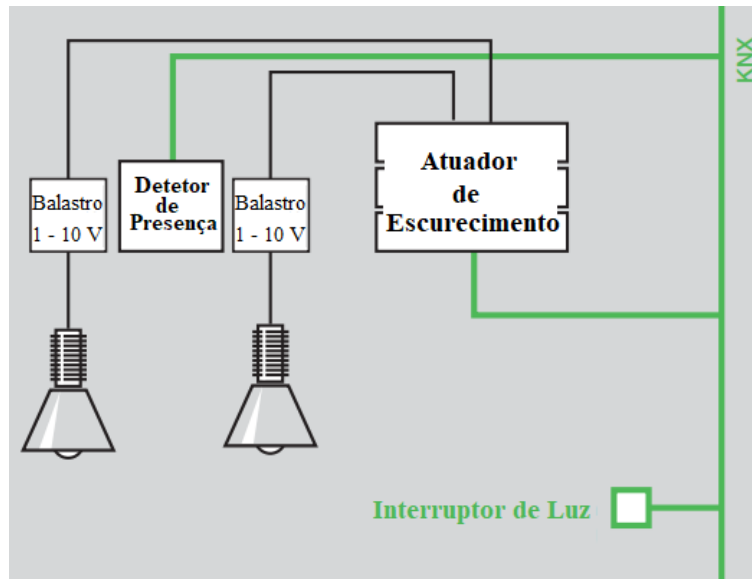


Figura 26: Estratégia IV de controlo de iluminação [67].

Uma possibilidade para a otimização do controlo da luz do dia, é a implantação de um sistema de controlo automático das persianas. Desta forma, pode-se controlar a quantidade de luz externa incidente através das janelas, sem que haja uma incidência solar direta na área de trabalho que possa comprometer o rendimento. Este sistema baseia-se na utilização de persianas capazes de orientar os raios solares incidentes. De acordo com a posição do sol num dado instante, as persianas são ajustadas num ângulo ideal, exemplificado na Figura 27, que confere uma incidência de luz natural a um ponto ótimo minimizando, assim, a iluminação artificial requerida e, conseqüentemente, os seus custos.

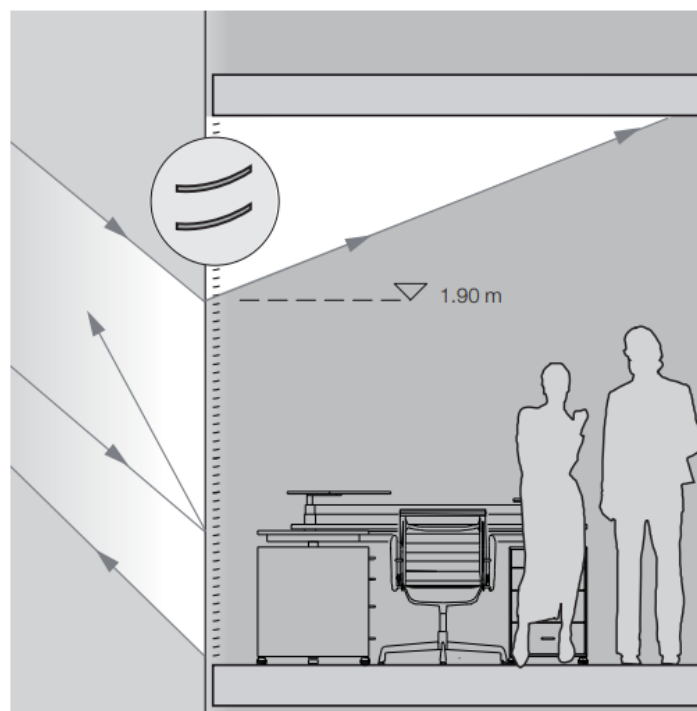


Figura 27: Incidência da luz em Persianas Automáticas [67].

Para obter uma maior eficiência geral do AVAC, além de uma total interligação entre os sistemas de aquecimento e de arrefecimento, já anteriormente referida, denota-se como grande vantagem, um controlo individual de cada sala com uma comunicação eficiente entre os seus componentes. Este controlo, é realizado através do controlo de temperatura e do controlo de ocupação.

Controlo de temperatura - é realizado por meio de um controlador da sala (Figura 28), que dispõe de sensores de temperatura¹⁰. Este controlador é conectado à rede KNX por um *Gateway*. Também se encontram conectadas à rede, válvulas eletromotrizes (Figura 29), nas fontes de calor e de frio comandadas por um ou mais atuadores.



Figura 28: Modelos de Controladores [68][69].



Figura 29: Modelos de válvulas eletromotrizes [70][71].

Os sensores do controlador aferem constantemente a temperatura atual do ambiente, e a comparam com um set-point já configurado. No caso de um eventual desvio, o controlo da temperatura é automaticamente comandado por um atuador (Figura 30), que regula as válvulas eletromotrizes, seja da fonte de aquecimento ou arrefecimento, para que assim, seja provida

¹⁰ Já se tem controladores mais modernos que dispõem também de sensores de CO₂ e de humidade.

apenas a carga térmica necessária para o devido ajuste da temperatura. O posicionamento das válvulas pode inclusive ser utilizado para *feedback*, a fim de padronizar uma média de carga requerida pelo ambiente. Além disso, mediante a integração no sistema de sensores de contato nas janelas, as válvulas de controlo do AVAC são automaticamente fechadas caso uma janela seja aberta, para que assim, desperdícios durante a ventilação sejam contidos.



Figura 30: Modelo de Atuador para controlo da temperatura [72].

Controlo de ocupação para o AVAC - entra em convergência com a estratégia aplicada já referida anteriormente, pois, além da iluminação, os detetores de presença também podem prover um sistema de controlo da climatização. Desta forma, um detetor de presença utilizado para controlo da iluminação, pode simultaneamente alterar as configurações do termostato, conforme as condições de uso, isto é, caso a sala se encontre ocupada, um constante controlo de temperatura é mantido, caso contrário, o termostato entra em modo de ausência e o consumo energético é restringido apenas ao necessário.

Assim, com o controlo de temperatura e o controlo da iluminação, os interruptores das luzes e os termostatos das salas anteriormente desassociados, podem ser combinados em um único dispositivo, utilizado para controlar todas as funções da sala.

Assim como no controlo da iluminação, um aspeto que deve ser levado em conta e que pode otimizar os resultados do controlo do AVAC, é o controlo automático das persianas. Ao fechar totalmente as persianas nas fachadas do prédio durante os períodos de incidência solar no verão, pode-se evitar um maior aquecimento da sala e conseqüentemente valores maiores de energia utilizada no arrefecimento do ambiente. De forma inversa no inverno, ao se abrirem totalmente as persianas, pode-se amenizar o consumo de energia para o aquecimento ao aproveitar a incidência solar.

Para isso, uma solução eficiente é o controlo automático das persianas por meio do controlo de ocupação da sala. Desta forma, com a utilização de um detetor de presença, pode-se obter além do controlo da iluminação e da temperatura, o controlo das persianas. Ao detetar ocupação na

sala, o detetor de presença conectado à rede KNX comunica ao controlador e ao atuador que acionem os motores das persianas configurando-as no posicionamento adequado, como evidencia a Figura 31. Já no caso de não se encontrar ninguém na sala, as luzes seriam automaticamente desligadas, o controlo de temperatura se encontraria ausente e as persianas automaticamente fechadas no verão e abertas no inverno. Um algoritmo simples que descreve tal procedimento pode ser visualizado na Figura 32. Segundo ABB [63], esta solução pode garantir uma redução de até 30% do consumo energético de climatização.

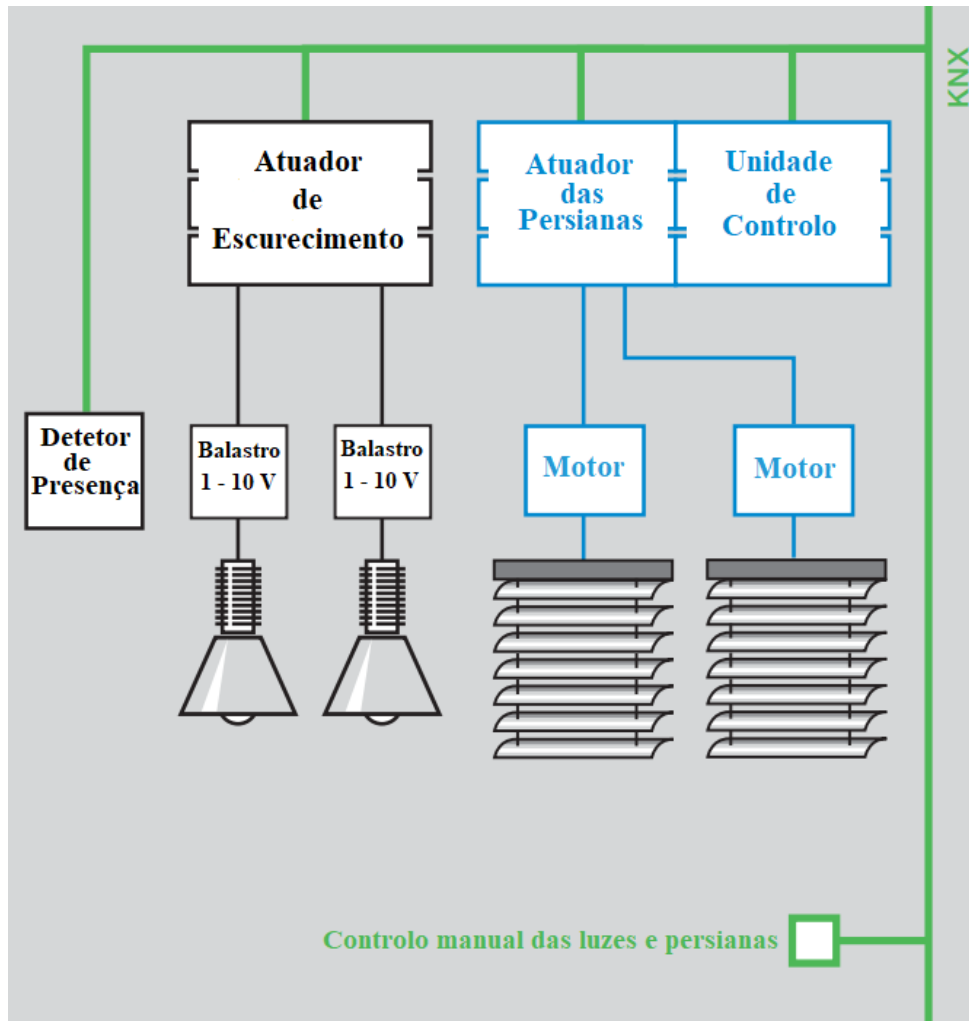


Figura 31: Controlo automático das persianas. [63]



Figura 32: Algoritmo do controlo de ocupação da sala.

3.3. Implementação de Painéis e Termoacumuladores Fotovoltaicos

Visto que Portugal é um dos países europeus com maior incidência solar, a Covilhã apresenta um elevado potencial fotovoltaico a ser aproveitado, com uma irradiação média anual de aproximadamente 4,875 kWh/m² evidenciada na Tabela V. Este facto, atribui à FCS a possibilidade de uma autonomia energética parcial ou até mesmo total por meio da utilização de painéis solares e termoacumuladores, tanto para geração de energia elétrica quanto para água quente sanitária (AQS).

Tabela V: Irradiância média diária por mês [73].

Irradiação	
Mês	Média Diária (kWh/m²)
Janeiro	2,1
Fevereiro	3,2
Março	4,5
Abril	5,7
Mai	6,9
Junho	7,8
Julho	8
Agosto	7
Setembro	5,4
Outubro	3,6
Novembro	2,4
Dezembro	1,9

Esta possibilidade é corroborada por uma satisfatória disponibilidade de espaço para a instalação de tais estruturas, especialmente nas áreas de estacionamento designadas como A, B, C, D e E, conforme a Figura 33, o que também possibilita um sombreamento para os veículos estacionados. Além disso, o estacionamento apresenta como grande vantagem a sua orientação ao sul geográfico, o que maximiza a produção de eletricidade¹¹. Por esta razão, este local foi considerado o mais apropriado para um projeto de instalação dos painéis fotovoltaicos.

¹¹ No caso do hemisfério norte, caso fosse no hemisfério sul, as instalações deveriam estar orientadas ao norte geográfico.



Figura 33: Vista de Satélite das Instalações da FCS.

Para um dimensionamento adequado do sistema, é fundamental levar em consideração além da orientação geográfica, a inclinação dos painéis e a distância entre as fileiras. Para uma maior absorção da radiação solar, os painéis devem ser inclinados, sendo seu ângulo de inclinação ótimo um valor próximo da latitude do local da instalação. Desta forma, no caso da FCS os painéis deverão ser orientados para o sul com uma inclinação de aproximadamente 40° [4].

No que se refere à distância entre as fileiras, estas são estimadas a fim de se evitar sombreamentos nas placas, pois a presença de sombras sobre um painel pode acarretar graves consequências na produção de energia. Entretanto, para a proposta acima, não se podem alterar as distâncias entre as fileiras uma vez que os estacionamentos já lá se encontram. Portanto, para que não ocorram sombreamentos, as estruturas de montagem das placas podem ter a sua altura reduzida gradativamente do estacionamento A até o E¹². Este arranjo também é favorecido pela inclinação natural que o terreno apresenta.

Visto que a energia média gerada por um painel fotovoltaico é igual ao produto da potência instalada pela irradiação no local, tal como é apresentado na Equação 2, foram efetuados cálculos de dimensionamento da capacidade de instalação para painéis fotovoltaicos de potências de 280, 330 e 400 Wp respectivamente, com base nas dimensões de cada painel apresentadas na Tabela VI, e levando em consideração a irradiação diária média anual e a área aproximada de cada estacionamento, conforme a Tabela VII. Foi calculado para cada potência o número máximo possível de painéis, e para esta quantidade, a potência total instalada e a energia média gerada anualmente.

$$\text{Energia Média Gerada} = \text{Potência Instalada} \times \text{Irradiação} \quad (2)$$

¹² Numa hipótese de instalação de painéis fotovoltaicos em todos os estacionamentos.

Tabela VI: Dimensões dos painéis fotovoltaicos.

Área dos Painéis por Potência			
Modelo	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
Painel 280 wp (m ²)	0,992	1,65	1,64
Painel 330 wp (m ²)	0,992	1,96	1,94
Painel 400 wp (m ²)	0,996	2,03	2,02

Tabela VII: Capacidade de instalação de painéis fotovoltaicos

Locais	Largura (m)	Comprimento (m)	Área Disponível (m ²)	Número de Painéis (280 Wp)	Número de Painéis (330 Wp)	Número de Painéis (400 Wp)
Estacionamento A	12,5	106	1325	809	681	656
Estacionamento B	12	98	1176	718	604	583
Estacionamento C	30	105	3150	1924	1620	1561
Estacionamento D	12	82	984	601	506	487
Estacionamento E	12	70	840	513	432	416
Total	78,5	461	7475	4565	3843	3703
Potencia Instalada (kWp)				1278	1268	1481
En Média Gerada/ano (kWh)				2274397	2256586	2635610

De acordo com a Tabela VII, a FCS dispõe de uma abundância de espaço para a instalação de sistemas fotovoltaicos destinados à geração de energia elétrica, de modo que tal espaço se apresenta suficiente para garantir uma autonomia total do edifício. Caso se utilizassem todas as áreas disponíveis do estacionamento para tal propósito, a energia elétrica média gerada anualmente, superaria em mais de 50% o consumo elétrico médio anual presente de 1.493.312 kWh.

Em virtude da variação da irradiação solar entre as estações do ano, também foi calculada a energia média gerada nos meses de verão e de inverno para cada modelo de painel. Foram, igualmente, estimados os custos médios de aquisição dos painéis de acordo com suas respectivas quantidades, de 100 unidades até sua quantidade máxima, sem levar em conta os custos de outros equipamentos necessários para o funcionamento do sistema, como inversores e cabos (Tabela VIII).

Tabela VIII: Energia gerada diariamente de acordo com o período do ano e custos de aquisição por número de painéis.

Energia Gerada Diariamente - Painéis 280 Wp						Custo Médio (€)
Número de Painéis	Potência Instalada (kW)	Irrad Inverno (kWh)	Inverno (kWh)	Irrad Verão (kWh)	Verão (kWh)	125
100	28,0	2,4	67,2	7,6	212,8	12500
250	70,0		168,0		532,0	31250
500	140,0		336,0		1064,0	62500
750	210,0		504,0		1596,0	93750
1000	280,0		672,0		2128,0	125000
2000	560,0		1344,0		4256,0	250000
2500	700,0		1680,0		5320,0	312500
3000	840,0		2016,0		6384,0	375000
4000	1120,0		2688,0		8512,0	500000
4500	1260,0		3024,0		9576,0	562500
4565	1278,2		3067,7		9714,3	570625
Energia Gerada Diariamente - Painéis 330 Wp						Custo Médio (€)
Número de Painéis	Potência Instalada (kW)	Irrad Inverno (kWh)	Inverno (kWh)	Irrad Verão (kWh)	Verão (kWh)	133
100	33,0	2,4	79,2	7,6	250,8	13300
250	82,5		198,0		627,0	33250
500	165,0		396,0		1254,0	66500
750	247,5		594,0		1881,0	99750
1000	330,0		792,0		2508,0	133000
2000	660,0		1584,0		5016,0	266000
2500	825,0		1980,0		6270,0	332500
3000	990,0		2376,0		7524,0	399000
3500	1155,0		2772,0		8778,0	465500
3800	1254,0		3009,6		9530,4	505400
3843	1268,2		3043,7		9638,2	511119
Energia Gerada Diariamente - Painéis 400 Wp						Custo Médio (€)
Número de Painéis	Potência Instalada (kW)	Irrad Inverno (kWh)	Inverno (kWh)	Irrad Verão (kWh)	Verão (kWh)	215
100	40,0	2,4	96,0	7,6	304,0	21500
250	100,0		240,0		760,0	53750
500	200,0		480,0		1520,0	107500
750	300,0		720,0		2280,0	161250
1000	400,0		960,0		3040,0	215000
2000	800,0		1920,0		6080,0	430000
2500	1000,0		2400,0		7600,0	537500
3000	1200,0		2880,0		9120,0	645000
3500	1400,0		3360,0		10640,0	752500
3700	1480,0		3552,0		11248,0	795500
3703	1481,2		3554,9		11257,1	796145

Como é evidenciado na Tabela VIII, a energia gerada durante o verão corresponde ao triplo da gerada no inverno. Deste modo, seria de grande proveito a instalação de painéis solares destinados ao fornecimento de eletricidade para o sistema AVAC, principalmente, visto que o período em que este mais consome, seria também o período de maior geração de energia, onde uma potência instalada de aproximadamente 230 kWp já seria o bastante para sustentar todo o sistema atual, isto sem levar em consideração a já abordada substituição dos equipamentos.

Um outro local passível de instalação de painéis fotovoltaicos é a cobertura do prédio, que detém uma área de 7.400 m². Entretanto, o prédio não se encontra orientado para o sul geográfico, mas sim para o sudoeste, o que compromete a área útil disponível para uma maximização da produção de energia elétrica. Deste modo, seria pertinente utilizar apenas uma área de aproximadamente 190 m² na parte mais ao norte do prédio A, como é destacado na Figura 34, podendo esta ser dividida em duas, uma de aproximadamente 140 m² denominada A1, e outra de aproximadamente 50 m² denominada A2.



Figura 34: Imagem de satélite do Local para instalação dos termoacumuladores.

Neste local é proposta a instalação de termoacumuladores fotovoltaicos orientados ao sul geográfico e destinados ao fornecimento de AQS, garantindo assim uma melhoria na eficiência energética da cantina e uma significativa redução do consumo de gás propano para aquecimento da água destinada a lavagem das loiças. Para os cálculos foi utilizado um catálogo da empresa Solahart, incluído no Anexo VI, que disponibiliza as especificações de cada produto. Tais cálculos usaram como base os sistemas referentes aos tanques de 300 e de 440 litros do catálogo.

Para esta proposta, tornam-se necessários os cálculos das distâncias entre as fileiras. Embora se disponha de diversas formas para a estimativa das mesmas, no presente trabalho estas foram calculadas por métodos empíricos com base nas dimensões dos equipamentos, como podem ser visualizadas na Figura 35 [4].

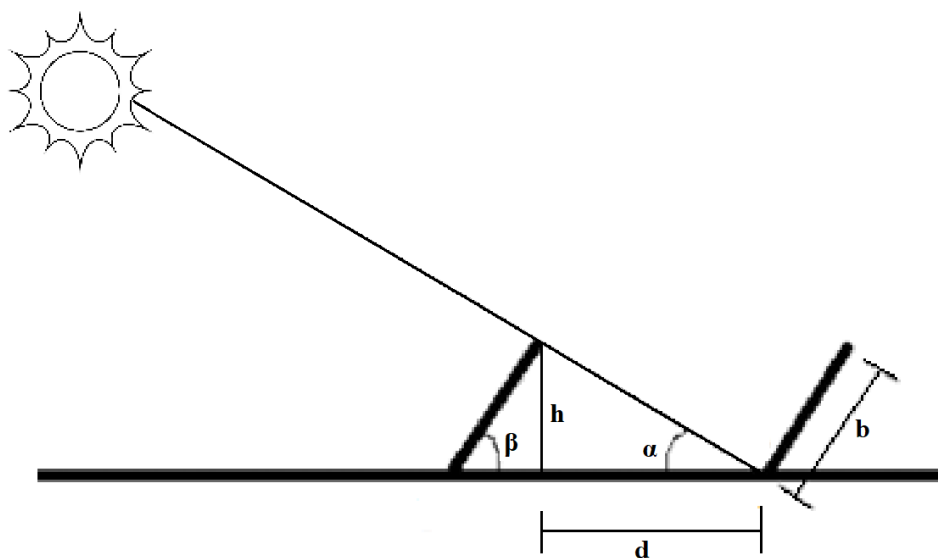


Figura 35: Análise do sombreamento entre painéis fotovoltaicos [74].

Tais métodos já denotados eficazes, são evidenciados pelas Equações 3 e 4:

Método I - Para otimização da área:

$$D = 2,51 \times b \quad (3)$$

Método II - Para minimização das perdas do sistema:

$$D = 3,5 \times h \quad (4)$$

onde:

D = Distância entre as placas;

h = Altura do painel solar em relação ao chão, tal medida pode ser calculada pela largura do painel solar e seu ângulo de inclinação;

b = Largura do painel solar;

β = Ângulo de inclinação;

α = Ângulo de incidência.

Uma solução adequada pode ser observada na Tabela IX. Em ambos os métodos de cálculo da distância entre as fileiras, é constatado que a área A1 comporta duas fileiras para todos os modelos de termoacumuladores, variando a quantidade de sistemas conforme as suas dimensões. Já na área A2, visto que é um espaço relativamente menor, apenas uma fileira pode ser instalada. Entretanto, com a instalação destes sistemas até 5.400 litros de AQS podem ser obtidos diariamente, reduzindo ainda mais o consumo de propano.

Tabela IX: Número de Termoacumuladores Instalados na Cobertura para AQS.

Número de Termoacumuladores Instalados na Cobertura para AQS - A1					
Armazenamento (L)	Comp do Sistema (m)	Largura do Sistema (m)	Número de Fileiras	Número de Sistemas/Fileira	AQS diária (L)
300	1,64	2,43	2	6	3600
300	2,63	3,38	2	4	2400
440	2,63	3,49	2	4	3520
440	2,63	4,44	2	3	2640
Número de Termoacumuladores Instalados na Cobertura para AQS - A2					
Armazenamento (L)	Comp do Sistema (m)	Largura do Sistema (m)	Número de Fileiras	Número de Sistemas/Fileira	AQS diária (L)
300	1,64	2,43	1	6	1800
300	2,63	3,38	1	4	1200
440	2,63	3,49	1	4	1760
440	2,63	4,44	1	3	1320
Distância entre as fileiras para otimização da área (m)			Distância entre as fileiras para minimização de perdas (m)		
4,10			3,69		
6,58			5,92		
6,58			5,92		
6,58			5,92		

Além disso, de acordo com Pedro Reis [75], embora o custo inicial para termoacumuladores fotovoltaicos seja mais elevado se comparado com outras alternativas, este apresenta um custo mensal mais reduzido além de ser também mais ecológico. Os custos médios anuais referentes ao consumo de AQS para cada equipamento é evidenciado no gráfico da Figura 36.

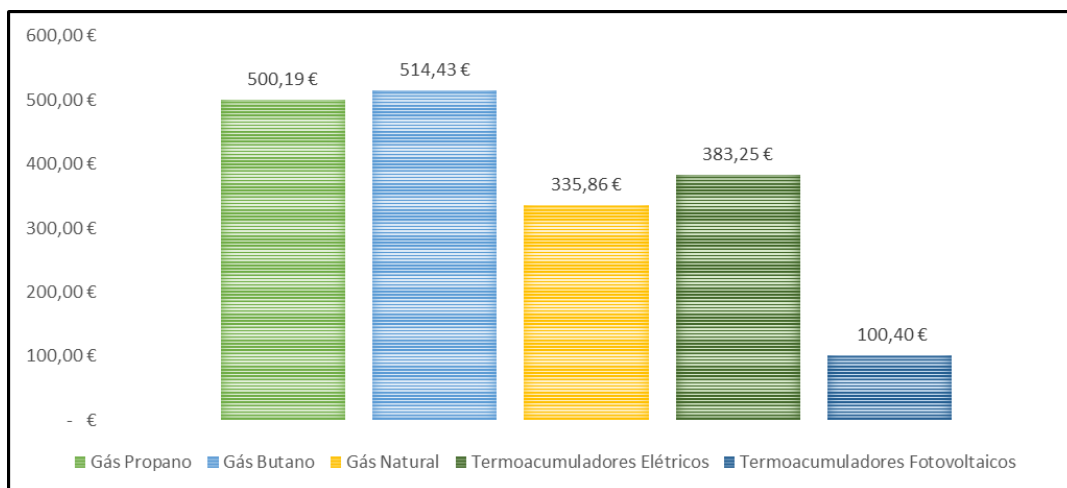


Figura 36: Custos anuais em 2018 das várias alternativas tecnológicas [75].

Por fim, é importante salientar que uma instalação dos painéis fotovoltaicos nos estacionamento, implicará consequentemente uma remoção das árvores do local. Para que a situação ambiental possa ser compensada, as árvores podem ser reflorestadas em outras áreas da FCS. Uma resolução eficiente, como é demonstrado na Figura 37, seria o reflorestamento ao sul da FCS e na parte direita do prédio A, em volta do Biotério, principalmente.

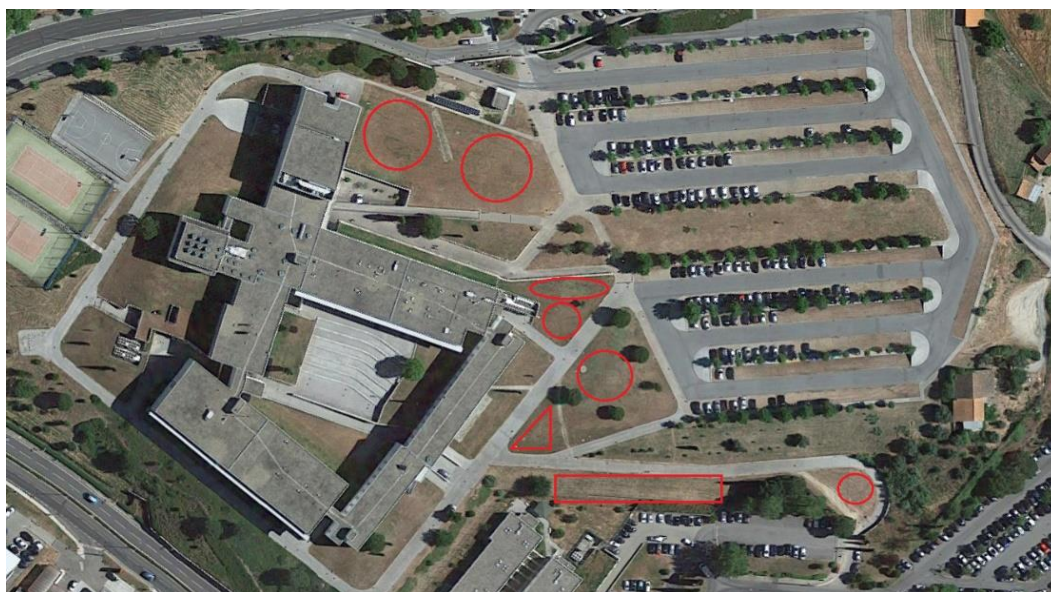


Figura 37: Possíveis áreas para reflorestamento das árvores.

Desta forma, não seriam ocasionados sombreamentos nos painéis do estacionamento que pudessem vir a diminuir o seu rendimento. Contudo, seriam ocasionados sombreamentos nas paredes do Biotério durante as primeiras horas do dia, restringindo assim a incidência solar. Visto que é um ambiente controlado, esta solução poderia inclusive, acarretar numa melhoria da eficiência energética ao se reduzir a carga térmica do ambiente.

3.4. Implementação de Turbinas Eólicas

Além do fato da área útil da cobertura para a instalação de painéis fotovoltaicos ser inferior a área total, devido à orientação do edifício, em função de uma menor incidência solar, como foi apresentado na Tabela IX anteriormente, a energia gerada nos meses de inverno é substancialmente reduzida, correspondendo a cerca de apenas um terço da energia gerada nos meses de verão.

Posto isto, uma alternativa para que a autonomia energética seja compensada neste período, é a instalação de turbinas eólicas urbanas na cobertura do edifício, sobretudo por um maior potencial eólico apresentado nos meses de Outubro a Abril, período em que se obtêm velocidades de vento superiores a 6 m/s, como pode ser visto na Figura 38.

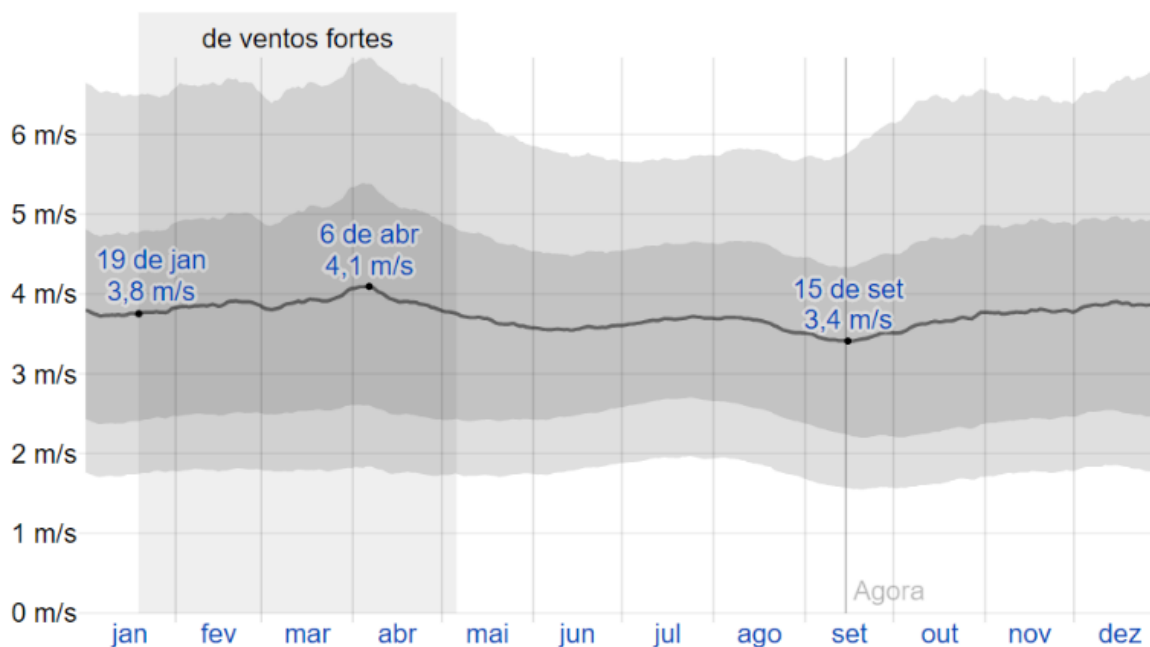


Figura 38: Velocidade média dos ventos na Covilhã ao longo do ano [73].

Segundo Casini [76], as coberturas dos prédios apresentam-se como um excelente local para instalação de turbinas eólicas por dois motivos principais; o primeiro é que o sistema de geração de energia elétrica se encontra perto do usuário; além disso, podem ser obtidas maiores velocidades de ventos enquanto se reduz os custos com torres de suporte, como pode ser visto na Figura 39. É possível inclusive, beneficiar-se da interação entre o vento e a área construída, a fim de que as correntes de ar sejam canalizadas diretamente para as áreas onde as turbinas podem ser instaladas.

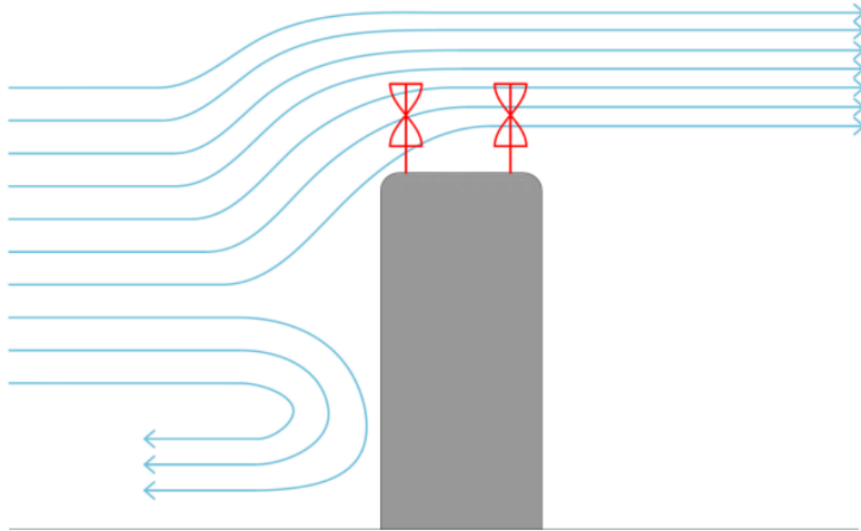


Figura 39: Esquema de turbinas eólicas na cobertura do prédio [76].

As possíveis áreas para se considerar tal instalação são destacadas em vermelho na Figura 40, totalizando aproximadamente 3.570 m². Desta forma, foram calculadas as possibilidades de implementação para modelos dos três tipos de turbinas mais utilizados em ambientes urbanos, os de *Gorlov*, os de *Darrieus* e os de *Savonius* (Figura 41).

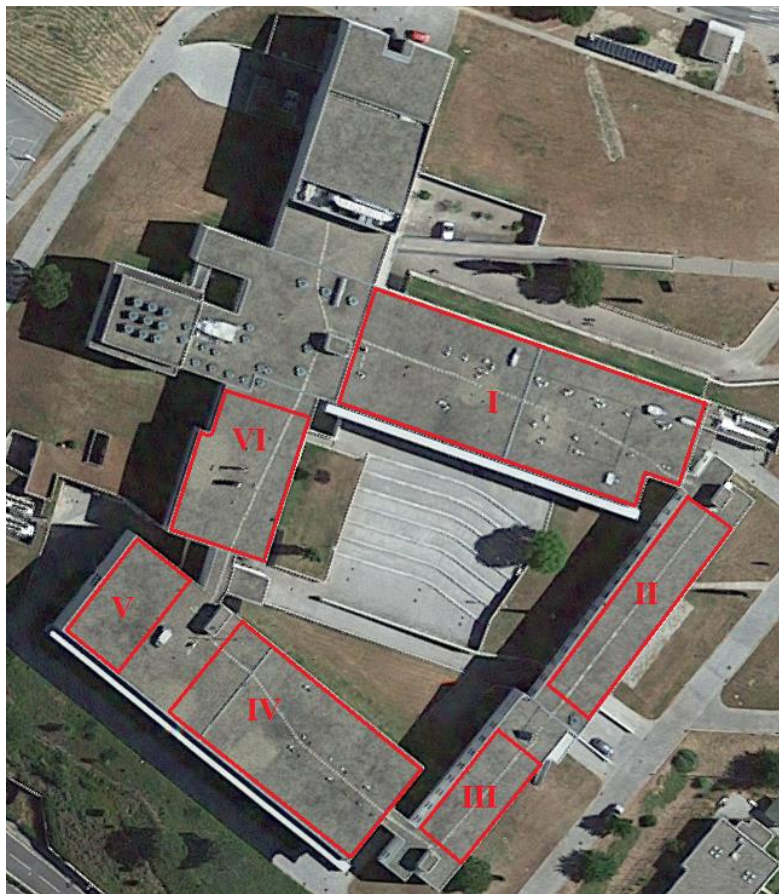


Figura 40: Possíveis áreas de instalação das turbinas eólicas.

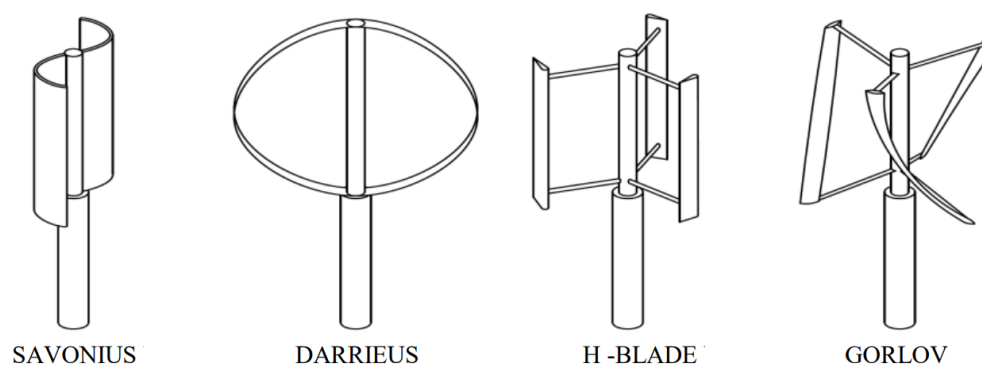


Figura 41: Tipos de turbinas eólicas mais aplicáveis a ambientes urbanos [76].

Para os cálculos, foram analisados os principais modelos de turbinas de eixo vertical disponíveis no mercado e foi considerado para cada modelo, a sua área de varredura e as suas respetivas distâncias mínimas entre cada turbina. Tais distâncias dependem do tipo de turbina a ser utilizado, as de *Savonius* neste aspeto podem apresentar certa vantagem, visto que requerem uma distância mínima de 5 metros entre os geradores, ao passo que os outros tipos requerem uma distância mínima equivalente a 4 vezes o diâmetro [76].

Deste modo, como demonstra a Tabela XI, pôde ser estimada a área total requerida para cada turbina, a quantidade possível de turbinas a serem instaladas e as suas respetivas potências instaladas de acordo com a velocidade média por ano dos ventos na Covilhã. A Tabela X apresentada em baixo encontra-se resumida e pode ser vista por completa no Anexo VII.

Tabela X: Possibilidades de Implementação de Turbinas Eólicas.

Possibilidades de Instalação									
Tipo	Fabricante	Modelo Turbina	Distância entre as Turbinas (m)	Área Total Requerida por Turbina (m ²)	Potência kW por Velocidade (m/s)		Velocidade Min (m/s)	Nº de Turbinas	Potência Instalada (kW)
Gorlov	UGE	Hoyi	4,1	86,6	0,2	12	2,5	41	3
Gorlov	UGE	Vision Air 3	10,8	594,0	1	14	4	6	2
Gorlov	UGE	4K GT	16,8	1423,2	4	12	3,5	3	3
Gorlov	UGE	Vision Air 5	9,0	412,5	3,2	14	5,2	9	8
Darrieus	Venger Wind	V300	4,5	103,1	0,3	14	3,5	35	3
Darrieus	Ragsolar	SL30	14,6	1082,9	3	12	3,5	3	3
Darrieus	Kessler	Spinwind	28,5	4125,3	10	12	3	1	3
Darrieus	Freetree	Freetree	8,4	361,0	1,2	14	3,4	10	3
Savonius	Helixwind turbine	S594	5	162,2	4,5	7	5	22	57
Savonius	Helixwind turbine	S322	5	144,4	2	7	5	25	28
Savonius	Venger Wind	V1	5	145,9	2	18,5	4	24	11
Savonius	Venger Wind	V2	5	164,1	4,5	20,5	4	22	19
Savonius	Venger Wind	V2 Turbo	5	164,1	4,5	15,2	4	22	26
Savonius	Kliux	Zebra	5	170,3	1,8	6	3	21	25
Savonius	Turbina Energy	1kw	5	134,5	1	14	1,5	27	8
Savonius	Turbina Energy	4kw	5	166,9	4	14	1,5	21	24
Savonius	Sauer Energy	Wind Charger	5	131,4	2	11,1	5	27	20

Embora se disponha de bastante espaço para a instalação dos geradores eólicos, as áreas II, III e IV devem ser priorizadas em relação às outras em consequência de um menor número de obstáculos na cobertura e também devido às direções do vento. Como pode ser visto na Figura 42, a maior parte dos ventos nos períodos de menor incidência solar sopram do leste. Assim, esta apresenta-se como uma estratégia promissora para a obtenção de uma compensação da energia não gerada pelos painéis fotovoltaicos no período de inverno. Além disso, também apresentam a vantagem de uma possível geração de energia nos períodos noturnos.

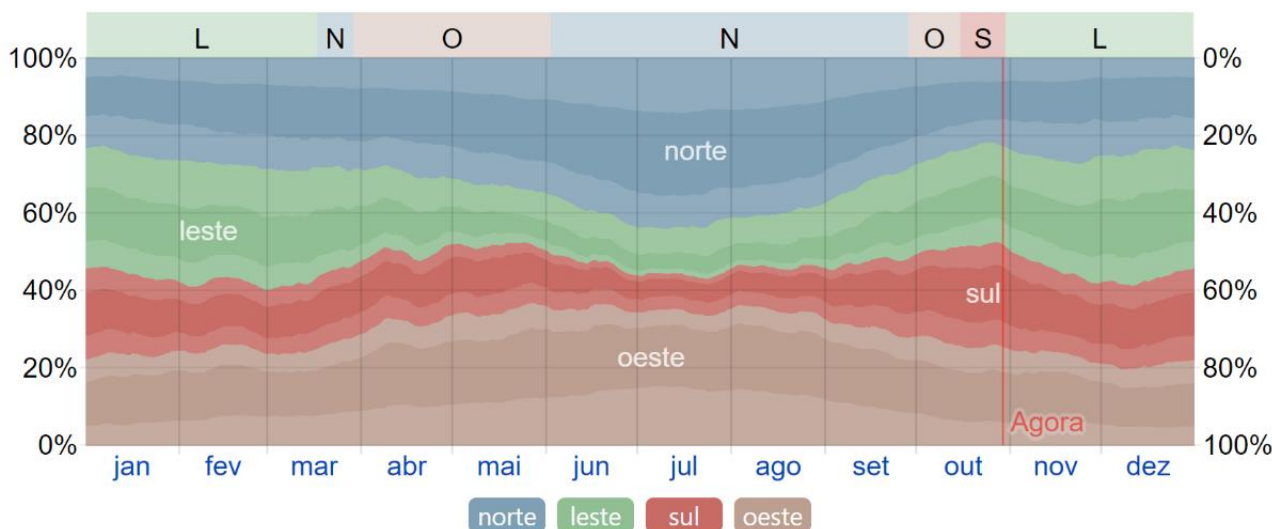


Figura 42: Direções dos ventos na Covilhã ao longo do ano [73].

Tal estratégia é reafirmada por uma análise comparativa dos custos de produção de energia por turbinas de *Darrieus* e de *Savonius* com os de painéis fotovoltaicos. Tal análise é apresentada na Figura 43. A comparação entre os dois tipos de geradores evidencia que as turbinas de *Darrieus* apresentam uma produção mais elevada de eletricidade por unidade de potência para qualquer velocidade dos ventos em relação às de *Savonius*, mesmo no caso de grandes desvios da velocidade média anual. Entretanto, para velocidades médias anuais superiores a 12 m/s, as turbinas de *Savonius* apresentam-se mais convenientes. [76]

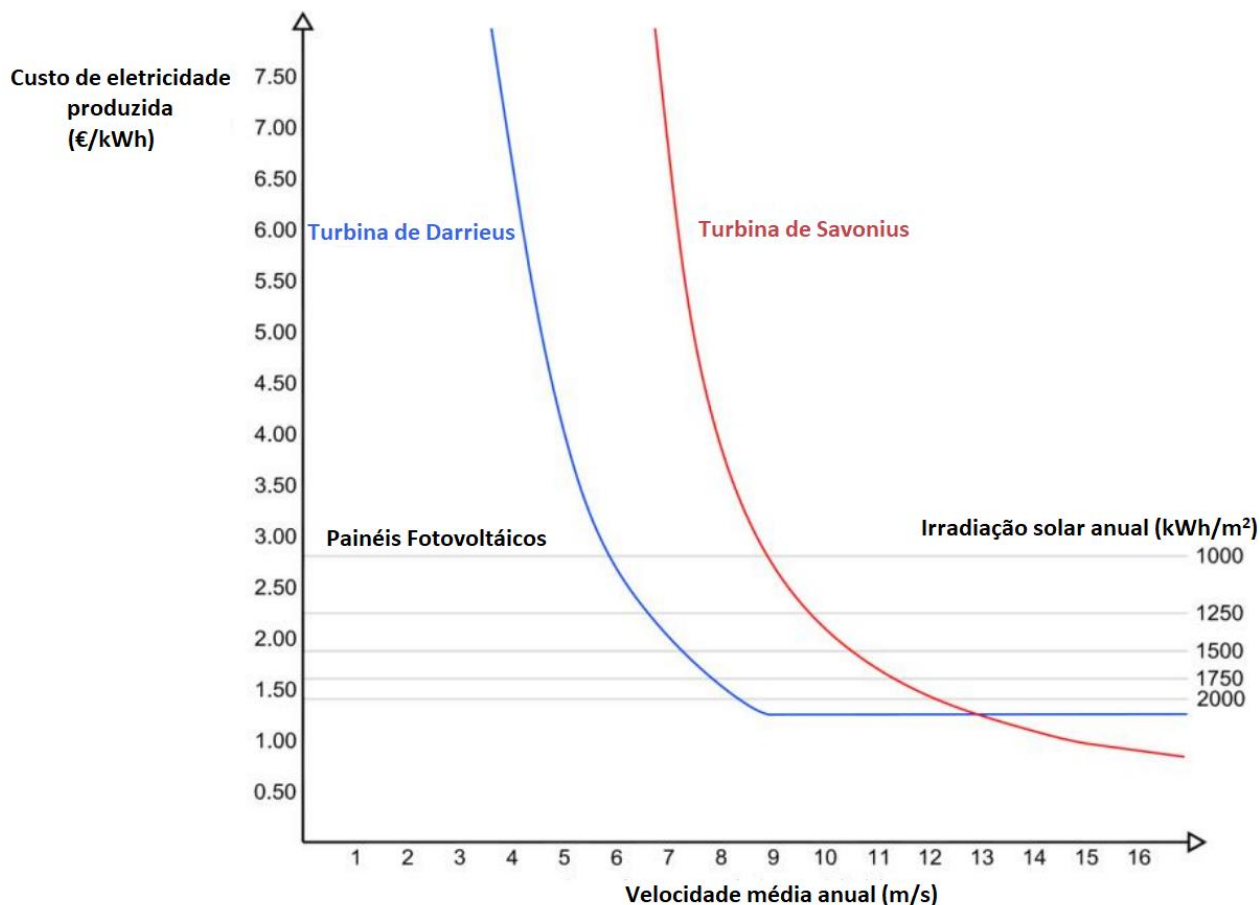


Figura 43: Comparação dos custos de energia gerada entre uma turbina de Darrieus, uma turbina de Savonius e um painel fotovoltaico [76].

Contudo, é importante enfatizar que as comparações feitas no estudo acima, foram realizadas com modelos específicos de turbinas, e não é uma regra para todos os modelos comercializados.

Além disso, uma turbina de *Darrieus* de aproximadamente 4 kW de potência e 4,5 metros de altura, tem um custo médio de 20.000 € e produz a uma velocidade de 8 m/s, em torno de 13.000 kWh de energia elétrica anualmente, o que corresponde a produção de mais de 90 m² de painéis fotovoltaicos policristalinos, que por sua vez, tem um custo médio superior a 27.000 € [76].

3.5. Pavegen

Outra possibilidade a ser analisada para uma produção autónoma e sustentável de energia, seria a instalação da tecnologia *Pavegen*, tal como ilustrado na Figura 44, em áreas de maior fluxo, como a entrada do prédio e os corredores de maior movimento, por exemplo. Esta tecnologia baseia-se em placas instaladas no chão que convertem a energia cinética dos passos em energia elétrica. Esta conversão é realizada mediante a compressão de geradores eletromagnéticos que produzem cerca de 2 a 4 Ws, por passo [77].



Figura 44: Pavegen na Universidade de Birmingham [78].

As placas possuem pequenas lâmpadas LED que acendem quando um gerador é comprimido, indicando assim, que eletricidade está a ser gerada. Desta, cerca de 5% são utilizados para iluminação das placas e os 95% restantes são armazenados em baterias de lítio [79].

Tal tecnologia, entraria inclusive em concordância com uma estratégia de gestão energética por meio de um sistema inteligente, visto que o *Pavegen* pode-se conectar a aplicações o *smartphone* e ao sistema, comunicando com o sistema de gestão do edifício através de uma conexão *Bluetooth* de baixo consumo.

Embora apresente um grande potencial, ainda é uma tecnologia relativamente nova, com pouco mais de 10 anos e com custos relativamente elevados. Deste modo, tal hipótese deve ser analisada cuidadosamente para que o investimento seja justificado. Além disso, um outro fator a ser considerado é a sua manutenção. De acordo com o *Pavegen*, o sistema deverá ser substituído ou renovado a cada cinco anos [79].

3.6. Verificação de Isolamento Térmico

Uma outra possibilidade para aumento da eficiência energética do sistema AVAC além da substituição dos equipamentos, instalação de tecnologias de controlo KNX e até mesmo aumento de sombreamentos nas paredes com um maior índice de irradiação solar, é a verificação da qualidade dos isolamentos térmicos, especialmente nas áreas de maior criticidade, como o Biotério.

A energia utilizada para a climatização de um edifício é dada pela equação 5:

$$Energia = \frac{Diferença\ média\ de\ temperatura \times Vazamento\ do\ edifício}{Eficiência\ do\ Sistema} \quad (5)$$

Segundo Mackay [80], com isto pode-se atingir uma redução do consumo da energia por meio de três formas:

1. Ao reduzir a diferença média de temperatura por meio da configuração dos termostatos, ajustando-os para uma temperatura mais alta no verão ou mais baixa no inverno. No entanto, esta forma é inviável devido a um possível detrimento do conforto térmico, principalmente em ambientes controlados, como o biotério.
2. Mediante o controlo dos vazamentos do edifício, com um melhor isolamento térmico, o fluxo térmico decorrente de fatores como condução (através de paredes, janelas e portas) e ventilação (através de fendas, aberturas ou até mesmo dutos de ventilação) é reduzido.
3. Através do aumento da eficiência do sistema AVAC, já referido anteriormente, podendo este ser obtido com a substituição dos equipamentos atuais por bombas de calor.

Deste modo, torna-se possível uma redução da carga térmica necessária para se manter o ambiente confortável ao restringir a quantidade de calor dissipado do ambiente externo para o interno, no caso de períodos quentes, e do ambiente interno para o externo, no caso de períodos mais frios.

4 Conclusões

Mediante a realização do presente trabalho, foi possível constatar que um sistema de gestão energética pode representar a diferença entre o lucro e o prejuízo de uma organização, podendo assim, impactar diretamente na sua competitividade. Deste modo, com um sistema de gestão energética adequado, torna-se possível a implementação de economias com elevadas taxas de retorno, conforme o tipo de investimento, desde o curto prazo, até ao longo prazo.

Para mais, por meio da gestão adequada da energia, é proporcionada a possibilidade de um desenvolvimento sustentável, uma vez que, além dos benefícios económicos, benefícios ambientais e sociais também podem ser atingidos.

Deste modo, para que um SGE eficiente seja obtido, é fundamental o estabelecimento de um vínculo sólido entre a gestão energética e a gestão geral da organização, exigindo assim, o desenvolvimento e uma constante revisão das políticas energéticas. Além disso, tal sistema pode ser respaldado por atividades, metodologias e suas respetivas ferramentas, tais como, o controlo da qualidade, estratégias de manutenção e filosofia *Lean*.

No entanto, com a formalização das políticas energéticas na organização para a implementação do SGE, é possível que também seja demandada uma inevitável mudança cultural que, por sua vez, pode ser alcançada mediante a execução de um plano educacional. Uma forma efetiva para que tal plano se concretize com êxito, é que este se baseie na cultura *Lean*, especialmente com o uso da ferramenta **Hoshin Kanri**. Consequentemente, uma cultura de progressiva redução de desperdícios e de melhoria contínua, intrínseca à organização, pode ser obtida.

Em busca de uma maior eficiência energética, e em concordância com as normativas propostas no Acordo de Paris, o trabalho desenvolvido, teve como objetivo aplicar no ambiente de estudo - as instalações da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade da Beira Interior - o controlo de qualidade na gestão energética, associada a uma possível redução de custos, por meio da implementação de recursos como os princípios *Lean*, *Six Sigma*, ferramentas da qualidade e estratégia de manutenção condicionada, a fim de que oportunidades de melhorias pudessem ser identificadas e avaliadas. Para isto, foram realizadas auditorias, tanto analítica quanto deambulatória, sendo ambas suportadas pelas normas ISO 9001 e ISO 50001, referentes às normas portuguesas de gestão da qualidade e gestão da energia, respetivamente.

Deste modo, com uma inspeção inicial das instalações e compilação dos registos históricos referentes aos consumos energéticos dos últimos três anos, foi efetuada uma análise dos dispêndios referentes a cada fonte de energia utilizada, sendo estas, a eletricidade e o gás propano. Tal análise foi realizada mediante a aplicação de ferramentas da qualidade, tais como, **Estratificação, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersão e Histograma**.

Deste modo, as áreas de uso significativo da energia puderam ser identificadas, sendo os maiores consumos atribuídos à iluminação e à climatização, com 46% e 48% do total consumido pela FCS respetivamente. Deste modo, o restante consumo corresponde a cerca de apenas 6% do total. Com

isto, foi possível determinar certas variáveis que podem afetar os níveis de utilização da energia, sendo as duas variáveis principais, o clima no decorrer do ano e as condições de ocupação referentes ao período letivo estudantil. Com base nestas informações, os índices de desempenho energético mais pertinentes para cada área puderam ser determinados, permitindo assim, a identificação e avaliação das oportunidades de melhorias do sistema.

Foram identificadas oportunidades de melhoria para redução do consumo energético, tanto por meio da substituição dos vigentes equipamentos por outros mais eficientes, quanto por meio da instalação de tecnologias em ascensão. A substituição dos equipamentos, refere-se sobretudo, aos *Chillers* e Caldeiras, que podem ser substituídos por bombas de calor.

Estes equipamentos, além apresentarem uma maior eficiência energética, apresentam-se ainda mais vantajosos de um ponto de vista sustentável, uma vez que o seu funcionamento é à base de eletricidade, e desta forma, as emissões de Gases do Efeito Estufa decorrente da queima do propano das caldeiras, são reduzidas. Com isto, pode ser criado um ambiente propício para o cumprimento das normativas da EU referentes ao Roteiro para Neutralidade Carbónica 2050.

Já as tecnologias em ascensão, por intermédio de uma automatização, proporcionam um maior controlo do sistema, de modo que este controlo pode ser desempenhado com base nas ferramentas *Lean* e nas ferramentas da qualidade, devendo ser aplicada antes de tudo, a ferramenta **5S**, para que assim, o sistema seja adequadamente estruturado.

Em vista disso, com a instalação de *Smart-Meters*, pode-se aplicar a ferramenta **Andon**, e verificar o consumo de energia instantâneo das instalações, e desta forma, fazer uso de outras ferramentas, tais como:

VSM, para que assim, o fluxo de energia despendido em cada local seja mapeado, e desta forma, os pontos de desperdícios, identificados e quantificados. Com isto, é possível estimar os *inputs* de energia no sistema e os seus respetivos *outputs*, aferindo assim, a eficiência global da instalação. Em seguida, as análises das causas destes desperdícios podem ser realizadas mediante a ferramenta da qualidade, **Diagrama de Ishikawa**, a fim de que deste modo, tais causas possam ser sanadas e a eficiência do sistema consequentemente melhorada.

Heijunka, através de um nivelamento do consumo energético, as instabilidades podem ser eliminadas. Para que tal nivelamento seja obtido, um instrumento de grande vantagem, são as **Cartas de Controlo**. Desta forma, limites estatísticos de consumo podem ser estabelecidos, e, no caso de eventuais desvios fora destes limites, procede-se a uma intervenção para que as causas sejam devidamente tratadas. Com o **Andon**, **Heijunka** e as **Cartas de Controlo**, é possibilitado um sistema efetivo de monitorização dos parâmetros, viabilizando assim, a estruturação de um plano de manutenção condicionada eficiente.

Com a implementação das tecnologias KNX, pode-se empregar a ferramenta **Jidoka**, e estabelecer um controlo automático dos ambientes por meio de um sistema inteligente, garantindo assim, um grande potencial para o aumento da eficiência energética do sistema, e por consequência, uma considerável redução dos seus respetivos custos.

De todas as tecnologias apresentadas, a que revela maior potencial de melhorias e base para todo o sistema, é o controlo dos ambientes por detetores de presença, visto que esta tecnologia, abrange os métodos de Controlo de Iluminação, Controlo de Temperatura e Controlo das Persianas, métodos estes, que se referem às áreas correspondentes a 94% do consumo energético da Faculdade de Ciências da Saúde.

Apesar de tais tecnologias ainda apresentarem um custo relativamente elevado, o seu investimento manifesta-se promissor, visto que uma redução de no mínimo 25% do consumo energético pode ser obtida. Contudo, há registos de reduções superiores a 80%.

Devido aos seus custos, inicialmente pode não ser possível um investimento para a sua implementação na FCS por completo, portanto, é recomendado que seja implementado o controlo de ambiente pelo menos na área do Biotério, visto que é o local com maior consumo elétrico, pelas razões já referidas, com um consumo médio de 217,7 kWh/m², ao passo que a FCS como um todo, detém para o mesmo *IDE*, um valor de 69,5 kWh/m². No entanto, deve-se configurar o controlo de ocupação, para que mesmo quando o local se encontre desocupado, o controlo de temperatura seja mantido em virtude de ser um ambiente controlado.

Pode-se inclusive, neste caso, a fim de se obter um maior controlo das condições do local, utilizar sistemas mais complexos, com controladores que além da iluminação e das operações de aquecimento e arrefecimento, também medem a concentração de CO₂ do ambiente e a sua humidade. Desta forma, mantém-se uma temperatura constante de 21 °C e uma humidade do ar de 50%.

Seguidamente ao Biotério, uma outra área na qual seria prudente a instalação de um controlo de ambiente, seria a área referente à Cantina e Bar, que além de um expressivo nível ocupacional, apresenta um elevado consumo elétrico médio, de cerca de 147,27 kWh/m², sendo este consumo destinado a iluminação, climatização e equipamentos, demonstrando conseqüentemente, um grande potencial para a sua redução.

Além das oportunidades de melhorias para a redução do consumo, também foram identificadas e analisadas, propostas para uma autonomia energética sustentável das instalações. Desta forma, uma independência no que se refere à energia pode ser atingida. Tais oportunidades abrangem principalmente, o potencial solar e eólico do sistema. No entanto, também se tomam em consideração, novas tecnologias apresentadas, como o *Pavegen*.

O potencial solar, abarca duas possibilidades de melhoria. Primeiramente, podem-se instalar painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica, visto que a FCS dispõe de espaço suficiente para produzir uma quantidade de energia elétrica de pelo menos 50% acima do consumo médio anual, isto é, sem se considerar as reduções no consumo obtidas por meio das oportunidades de melhorias constatadas previamente.

Além da instalação de painéis fotovoltaicos para a geração de eletricidade, pode-se também, aproveitar os expressivos níveis de irradiação solar incidentes na Covilhã para o aquecimento de água sanitária, sobretudo na área referente à cantina e bar, que para tal finalidade, recorrem à

utilização de gás propano, sendo o presente consumo anual médio de tal fonte na referida área, de aproximadamente 99,9 kWh/m². Com isto, uma redução de tal consumo é possibilitada, e consequentemente, um fator relevante para uma conformidade com o RNC 2050, instituído. Além disso, o aquecimento de água sanitária pode ser suplementado nos períodos de maiores temperaturas por meio das bombas de calor, que podem reaproveitar a carga térmica retirada do ambiente durante o processo de arrefecimento.

Em decorrência de uma expressiva atenuação da irradiação solar nos períodos de inverno, a energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos seria reduzida em 68% da gerada nos meses de verão. Desta forma, foi analisada uma alternativa para a compensação, ainda que parcial, da autonomia energética, sendo esta, efetuada por meio de turbinas eólicas urbanas instaladas no topo dos prédios.

Embora os seus custos médios de aquisição e de operação em períodos de menor velocidade dos ventos se possam apresentar elevados, a geração de eletricidade pode ocorrer tanto nos períodos diurnos quanto noturnos, revelando assim, uma grande vantagem em comparação com os painéis fotovoltaicos. Posto isto, para a adoção de tal hipótese, as turbinas de Darrieus são as que se apresentam mais adequadas para as velocidades médias do vento na Covilhã.

Uma outra opção a ser ponderada para uma geração autónoma de energia elétrica, seria a instalação do *Pavegen*; no entanto, devido ao elevado investimento requerido, é necessário que antes de tudo, seja realizada uma análise quantitativa do fluxo de pessoas no local, para que assim, se tenha uma previsão da quantidade de energia gerada, e com base nesta, tal investimento possa ser ou não justificado.

Além das oportunidades de melhorias previamente constatadas, uma maior eficiência energética em relação a climatização, pode ser obtida mediante métodos mais básicos, como a verificação da efetividade dos isolamentos térmicos das instalações. Com isto, podem-se reduzir os pontos de vazamentos do edifício, e consequentemente, o seu fluxo térmico.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi atingido, visto que oportunidades de melhorias para uma possível redução de custos puderam ser identificadas, e assim, estratégias para um controlo da qualidade na gestão energética, estabelecidas. À vista disto, notou-se que, embora a redução dos custos não seja obrigatoriamente um fator determinante para a aquisição de novos equipamentos, um aumento da qualidade e de uma redução, tanto dos custos com energia, quanto das emissões de gases poluentes, impulsiona consideravelmente a implementação de novas tecnologias.

Por fim, pode-se concluir que as soluções e propostas têm grande potencial para que os dispêndios efetuados com energia, sejam significativamente reduzidos sem que sua qualidade e fornecimento sejam comprometidos, além de estarem em conformidade com as diretrizes planeadas pela EU para os próximos anos. Tudo isto, pode conferir à FCS um desenvolvimento sustentável, com uma elevada eficiência e autonomia energética. Entretanto, é necessário que este o processo de

melhoria contínua, seja constante e ininterrupto, podendo assim, aplicar-se também, a ferramenta *Lean*, **Kaizen**.

4.1. Propostas de Trabalhos Futuros

No presente trabalho foram identificadas e analisadas oportunidades de melhorias para um controlo da qualidade na gestão energética. No entanto, tais oportunidades foram descritas e retratadas de uma forma geral. Para a obtenção de uma melhoria contínua nas instalações, é proposto que algumas destas oportunidades sejam objeto de estudo de projetos mais detalhados, tais como:

- A realização dos cálculos da carga térmica das instalações, bem como de outras variáveis relevantes para um correto dimensionamento das bombas de calor, levando em consideração os possíveis arranjos entre estas, para que assim, uma maior eficiência do sistema possa ser obtida.

Além disso, também é proposta uma pesquisa dos preços referentes aos equipamentos (conforme as especificações descritas nos cálculos) disponíveis no mercado, no momento, possibilitando assim, uma análise económica para que os *Chillers* e caldeiras possam ser substituídos com um maior retorno do investimento.

- Uma pesquisa de mercado dos fabricantes mais promissores das tecnologias KNX, para que assim, se possa desenvolver um sistema de controlo de ambientes eficiente. A princípio para o Biotério, e posteriormente, para o restante das instalações. Por sua vez, para a avaliação das alternativas arquitetadas, deve ser efetuada uma análise económica revelando os melhores investimentos, com base em parâmetros como, o período de retorno do investimento e uma previsão mais acurada da redução do consumo.

- Após uma redução do consumo energético, com base nas médias dos seus novos parâmetros de consumo e dos preços dos painéis solares, é proposta a realização de uma estimativa, mediante um método quantitativo de apoio a decisão, possivelmente o *solver*, das quantidades ótimas de painéis fotovoltaicos a serem instalados, tendo como função objetivo, a maximização da energia gerada para uma autonomia do edifício, sem que haja desperdícios, e também, a minimização dos custos de instalação e manutenção.

Com base nas quantidades ótimas estimadas, é proposta a realização de cálculos de natureza mais técnica, como os números máximo e mínimo de painéis ligados em série, o número de painéis por inversor, o número de inversores, as dimensões dos cabos, e outros equipamentos necessários para a instalação de um sistema fotovoltaico.

A partir de tais cálculos e de uma pesquisa de mercado, pode-se realizar uma análise económica mais precisa, para identificação dos investimentos mais viáveis e com maior retorno.

- À semelhança da proposta anterior, a partir de um método quantitativo de apoio a decisão, também pode ser realizada uma estimativa para as quantidades ótimas de turbinas eólicas, a fim de que a geração de energia seja maximizada, e os custos de instalação, operação e manutenção, minimizados. Entretanto, visto que a variedade de modelos de turbinas presentes no mercado atual é elevada, deve-se fazer um estudo dos modelos mais adequados para o edifício. Para isso, torna-se necessário verificar com mais precisão, as velocidades médias do vento na cobertura da FCS, de forma que o vento não seja sub e nem sobre-estimado.

Com base na energia gerada e nos custos referentes a cada modelo de turbina selecionado, é possível a realização de uma análise económica, para que assim, também possam ser avaliados, os melhores investimentos no que se refere à energia eólica.

A partir da seleção dos modelos mais adequados, podem ser efetuados cálculos para uma quantidade ótima de painéis solares e turbinas eólicas associadas em sistema híbrido, para que desta forma, uma quantidade de energia máxima a um custo mínimo possa ser gerada.

- Uma aplicação prática de outras ferramentas da qualidade, nomeadamente:

A conceção de **Cartas de Controlo** e definição dos seus respetivos parâmetros e limites, para que assim, o Controlo da Qualidade e a estruturação de um plano de manutenção condicionada adequado, sejam garantidos. Isto pode ser realizado a partir de uma análise dos dados recolhidos nas leituras efetuadas pelos *Smart-Meters*. Contudo, é fundamental que tais limites sejam revisados periodicamente, sobretudo, após a substituição de equipamentos antigos e/ou implementação de novos.

A elaboração de um **Diagrama de Ishikawa** para a categorização e análise das causas de variações no consumo, de desperdícios e de perdas energéticas, com base nas ferramentas da qualidade já utilizadas neste trabalho, e em registos documentados, principalmente dos *Smart-Meters*, sendo esta sucedida, por uma avaliação das possíveis alternativas para o devido tratamento de tais causas, ajustando-se assim, à filosofia de melhoria contínua.

- Análise de um projeto para implementação de uma estação de carregamento das bicicletas elétricas da UBI, sendo esta estação, próxima do estacionamento e alimentada pela energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos.

Referências

- [1] Deckman, S. M. and Pomilio, J. A (2017), Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica, Universidade de Campinas, Campinas, SP.
- [2] Tanaka, K. (2011). Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector. *Energy Policy* 39(2011), 6532-6550.
- [3] Turner, W. C., & Doty, S. (2006). *Energy management handbook*. The Fairmont Press, Inc.
- [4] Alves, V. A. M. (2008). Dimensionamento de sistemas de produção de electricidade baseados em energia solar fotovoltaica.
- [5] Conselho da União Europeia. (2019). Energia Limpa para todos: Conselho adota os restantes dossiês relativos ao mercado de eletricidade e à Agência de Cooperação dos Reguladores de Energia. Acedido em 04 de Novembro de 2020. Disponível em <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2019/05/22/clean-energy-for-all-council-adopts-remaining-files-on-electricity-market-and-agency-for-the-cooperation-of-energy-regulators/>.
- [6] Agência Portuguesa do Ambiente. (2020) Acordo de Paris. Acedido em 04 de Novembro de 2020. Disponível em <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1367>.
- [7] Plano Nacional Energia e Clima. República Portuguesa. 1-11. Recuperado de: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=254df8bf17a0-42f6-a53d-1c9f4c63cb88>.
- [8] Roteiro para a Neutralidade Carbónica. República Portuguesa. 9. Recuperado de: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/documento?i=roteiro-para-a-neutralidade-carbonica-2050->.
- [9] IPQ. (2015). Norma Portuguesa NP EN 9001. Sistemas de Gestão da Qualidade.
- [10] Aized, T. (Ed.). (2012). *Total quality management and Six Sigma*. BoD–Books on Demand.
- [11] Alves, G. L. L. (2017). Impacto de elementos de gestão da qualidade sobre a cultura organizacional: uma análise baseada em estudos de caso. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- [12] Arikkök, Merih. (2017). *Total Quality Management*. Kajaani University of Applied Sciences.
- [13] Nor, K. R., BRZ, N. P., Mangino, J., Ajavon, A. L. N., & Breidenich, C. (2006). *Quality Assurance/Quality Control and Verification*. V1, chapter 8.
- [14] Stadler, H., & Seleme, R. (2010). *Controle da Qualidade: as ferramentas essenciais*. São Paulo: IBPEX.

- [15] Andrade, F. F. D. (2003). O método de melhorias PDCA (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [16] Mariani, C. A. (2005). Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. RAI-Revista de Administração e Inovação, 2(2), 110-126.
- [17] Junior, C. C. M. F. (2010). Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a Reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde. INGEPRO-Inovação, Gestão e Produção, 2(9), 104-112.
- [18] Campos, V, F. (2004). TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 8. ed. Belo Horizonte: Bloch Editora.
- [19] da Fonseca, A. V., & Miyake, D. I. (2006). Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, pages 1-9, Fortaleza, CE.
- [20] Santos, A. B, Martins, M. B (2008). Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56.
- [21] Ehie, I., & Sheu, C. (2005). Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study. Journal of Manufacturing Technology Management.
- [22] Pacheco, D. A. J (2013). Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: Limites e Possibilidades de Integração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [23] Santos, A. B., & Martins, M. F. (2010). Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. Production, 20(1), p. 42-53.
- [24] Trad, S., & Maximiano, A. C. A. (2009). Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. RAC, 13(4, art. 7), 647-662. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-65552009000400008>.
- [25] Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. Journal of Mechanical Engineering, 55(5), 1-9.
- [26] Paraschivescu, A. O. (2013). Japanese Quality Science and Culture. Economy Transdisciplinarity Cognition, 16(1), 43. University in Bacau, Romania.
- [27] Cunha, V. L. S. (2010). Melhoria contínua do sistema de controlo da qualidade. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [28] EN, NP. "13306 (2007)." Terminologia da manutenção (2007).
- [29] Xenos, H. G. (1998). Gerenciando a manutenção produtiva. Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 171.

- [30] Ramos, P. G. D. (2012). Organização e gestão da manutenção industrial: aplicação teórico-prática às Fábricas Lusitana-Produtos Alimentares, SA. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- [31] Nobre, M. J. P. (2009). Manutenção e Performance Industrial. Conferência Integrada nas 3^{as} Jornadas de Produção da Universidade da Beira Interior. Universidade da Beira Interior. Covilhã.
- [32] Kardec, A., & Nascif, J. (2009). Manutenção-função estratégica. Qualitymark Editora Ltda, 3^a ed, p 384.
- [33] Cardoso, A. J. M. (1991). Diagnóstico de avarias em motores de indução trifásicos. Coimbra Editora.
- [34] Bhamu, J, Sangwan, K. S. (2012). Lean manufacturing: literature review and research issues, International Journal of Operations & Production Management. Vol. 34 No. 7 (2014), pp. 876-940.
- [35] Cox, J. F., & Blackstone, J. H. (1998). The educational society for resource management. Fall church, VA, 104.
- [36] Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world, Rawson Associates. New York, 323, 273-287.
- [37] Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996), Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon & Schuster, New York.
- [38] Resta, B, Dotti, S, Giardelli, P, Boffelli, A. (2011). Lean Manufacturing and Sustainability: an integrated view. p. 1, 2011. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [39] Iranmanesh, M., Zailani, S., Hyun, S. S., Ali, M. H., & Kim, K. (2019). Impact of Lean Manufacturing Practices on Firms' Sustainable Performance: Lean Culture as a Moderator. Sustainability, 11(4), 1112.
- [40] Corbett, C. J., & Klassen, R. D. (2006). Extending the horizons: environmental excellence as key to improving operations. Manufacturing & Service Operations Management, 8(1), 5-22.
- [41] Sutherland, J. (2016). A arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo. Rio de Janeiro: Casa da Palavra/LeYa.
- [42] Rewers P., Trojanowska J., Chabowski P., Tools and methods of Lean Manufacturing - a Literature Review, proceedings of 7th International Technical Conference TECHNOLOGICAL FORUM 2016, Czech Republic, 28-30.06.2016, pp.135-139.
- [43] Vorne. (2019). "Top 25 Lean Tools". Acedido em 25 de Julho Disponível em: <https://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html>.
- [44] Capehart, B. L., Turner, W. C., & Kennedy, W. J. (2011). Guide to energy management. The Fairmont Press, Inc.

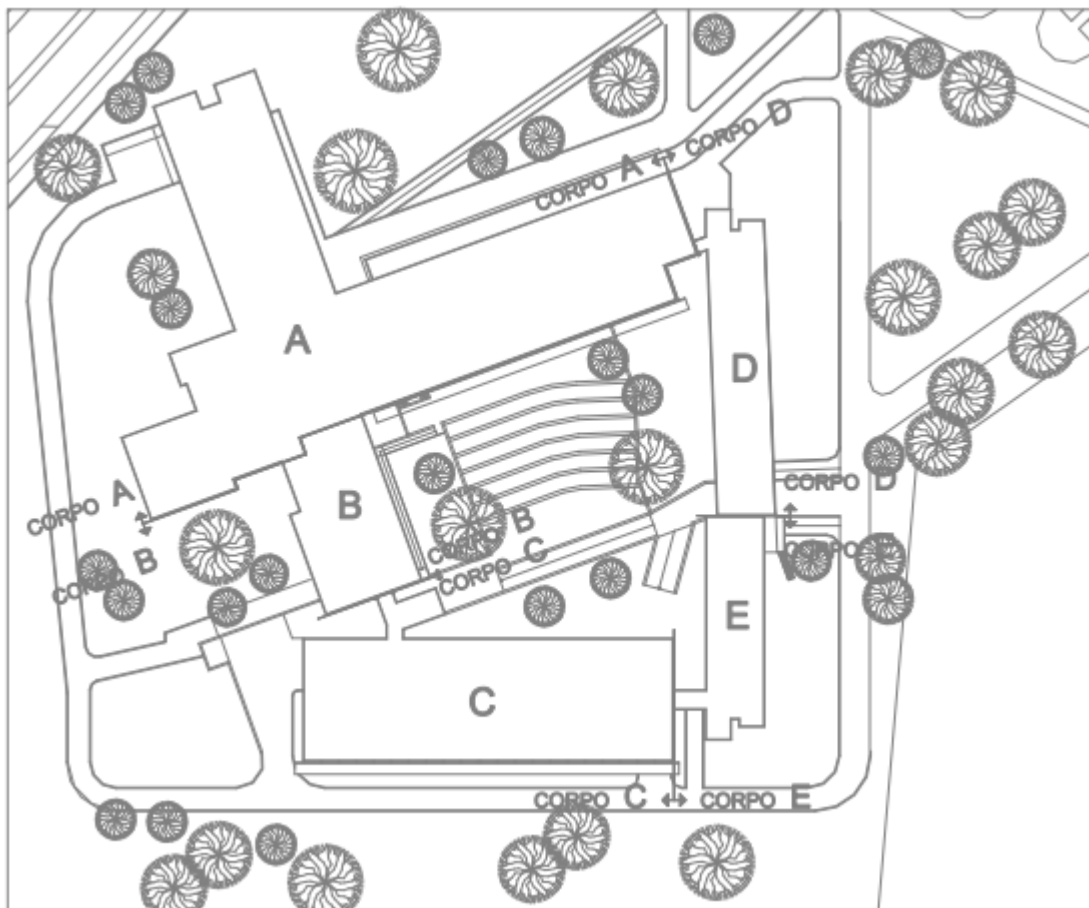
- [45] Ferreira, J. A. (2010). Estudo de uma nova metodologia para gestão de energia em edifícios-aplicação ao AVAC. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- [46] Energy Institute. (2016). Energy Essencials, A Guide to Energy Management, Energy Institute, London.
- [47] International Organization for Standardization. (2014). ISO 50001 Energy management systems – Requirements with guidance for use.
- [48] Peña, A. C., & Sánchez, J. M. G. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. AENOR.
- [49] International Organization for Standardization. (2014). ISO 50006 Energy Management Systems – Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) – General principles and guidance.
- [50] Sorrell, S, Mallet, A, Nye, S. (2011). Barriers to industrial energy efficiency: A literature review. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, Vienna, 2011, pp 2-8.
- [51] Martins, M. P. D. S. (1999). Inovação tecnológica e eficiência energética. Monografia de Pós-graduação MBA em energia elétrica, Instituto de Economia-UFRJ.
- [52] Saidel, M. A., Favato, L. B., & Morales, C. (2005). Indicadores energéticos e ambientais: Ferramenta importante na gestão da energia elétrica. In Congresso Brasileiro De Eficiência Energética.
- [53] de Jesus Ferreira, J., & de Jesus Ferreira, T. (1994). Economia e gestão da energia. Texto Editora.
- [54] International Organization for Standardization. (2016). ISO 50004 Energy management systems – Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system.
- [55] Decreto-Lei n.º 402/85 de 11 de Outubro. Diário da República n.º 234/1985 – Série I. Ministério do Trabalho e Segurança Social. Lisboa.
- [56] Lei n.º 44/79 de 11 de Setembro. Diário da República n.º 210/1979 – Série I. Ministério do Trabalho e Segurança Social. Lisboa.
- [57] Decreto-Lei n.º 76-B/86 de 11 de Outubro. Diário da República n.º 99/1986, 7º Suplemento – Série I. Ministério da Educação e Cultura. Lisboa.
- [58] UBI. (2017). Inauguração do BioBanco da Faculdade de Ciências da Saúde. Acedido em 02 de Novembro de 2020. Disponível em <https://www.ubi.pt/Noticia/5899>.

- [59] Canhoto, B. A. R. (2018). Cálculo das perdas de redes de distribuição com as medidas dos Smart-Meters.
- [60] Zheng, J., Gao, D. W., & Lin, L. (2013, April). Smart meters in smart grid: An overview. In 2013 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech) (pp. 57-64). IEEE.
- [61] Fronius. (2020). New Design For Trusted Fronius Smart Meter. Acedido em 25 de Setembro de 2020. Disponível em <https://www.fronius.com/en/photovoltaics/infocentre/news/smart-meter-ts-170820>.
- [62] KNX. (2020). The Legacy of KNX. Acedido em 28 de Agosto de 2020. Disponível em <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/What-is-KNX/KNX-History/>.
- [63] ABB, K. (2009). Smart Home and Intelligent Building Control. Energy Efficiency in Buildings with ABB i-bus® KNX, Germany.
- [64] Sabourin, N. T. (2017). The effects of connected lighting on lighting controls and design. Department of Architectural Engineering and Construction Science College of Engineering, Kansas State University, Manhattan.
- [65] Theben. (2020). DALI-Gateway KNX plus. Acedido em 25 de Outubro de 2020. Disponível em <https://www.theben.de/en/dali-gateway-knx-plus-9070929>.
- [66] Interra. (2020). KNX/DALI 2x64 Tunable-White & Color Control. Acedido em 28 de Agosto de 2020. Disponível em <https://interra.com.tr/en/product/knx-gateway/knxdali-2x64-tunable-white-color-control>.
- [67] KNX. (2020). New KNX Products. Acedido em 28 de Agosto de 2020. Disponível em <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/get-started/new-knx-products/>.
- [68] Ekinex. (2020). Room temperature controller 71 series. Acedido em 29 de Setembro de 2020. Disponível em https://en.ekinex.com/technical-area_knx-room-temperature-controllers/linea71-room-temperature-controller_88.html.
- [69] Siemens. (2020). Room operator unit KNX with sensors for temperature, humidity, CO₂, segmented backlit display, touchkeys. Acedido em 29 de Setembro de 2020. Disponível em <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=HQEU&lang=en&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=S55624-H127>.
- [70] Schneider. (2020). KNX valve drive with status LED and 2 inputs. Acedido em 29 de Setembro de 2020. Disponível em <https://www.se.com/ww/en/product/MTN6921-0001/knx-valve-drive-with-status-led-and-2-inputs/>.
- [71] Archello. (2020). KNX VALVE DRIVE 1B. Acedido em 29 de Setembro de 2020. Disponível em <https://archello.com/pt/product/knx-valve-drive-1b>.
- [72] Ekinex. (2020). Mixing Group Controller. Acedido em 29 de Setembro de 2020. Disponível em https://en.ekinex.com/technical-area_thermal-regulation/mixing-actuator_145.html.

- [73] Weather Spark. (2020). Condições meteorológicas médias de Covilhã. Acedido em 15 de Agosto de 2020. Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/32877/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Covilh%C3%A3-Portugal-durante-o-ano>.
- [74] de Souza, D. V., & Tapia, G. I. M. (2018). Análise do Sombreamento entre Painéis Fotovoltaicos.
- [75] Reis, P. (2018). Acedido em 12 de Outubro de 2020. Disponível em <https://www.portal-energia.com/como-poupar-energia-e-dinheiro-no-aquecimento-das-aguas-sanitarias/>.
- [76] Casini, M. (2016). Small vertical axis wind turbines for energy efficiency of buildings. *Journal of Clean Energy Technologies*, 4(1), 56-65.
- [77] Pavegen. (2020). Acedido em 16 de Agosto de 2020. Disponível em <https://pavegen.com/>.
- [78] Pavegen. (2020). Acedido em 16 de Agosto de 2020. Disponível em <https://pavegen.com/case-studies/university-of-birmingham-2/>.
- [79] Winkelman, P., Epp, R., & Bal, G. (2011). An Investigation into Pavegen Energy Generating Steps at the New Student Union Building.
- [80] MacKay, D. (2008). Sustainable Energy-without the hot air. UIT Cambridge.

Anexos

Anexo I



Anexo II

2017		Cantina e bar			Biotério		Chiller´s			TOTAL DO EDIFÍCIO
		AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3	
Acumulado 2016		176011	489579	124924	1177821	314900	655289	262925	89302	
Janeiro	<i>Mês</i>	1390	5102	920	10362	3715	267	507	63	108334
	Acumulado	177401	494681	125844	1188183	318615	655556	263432	89365	
Fevereiro	<i>Mês</i>	1109	3403	737	9233	2917	231	432	48	119941
	Acumulado	178510	498084	126581	1197416	321532	655787	263864	89413	
Março	<i>Mês</i>	1603	4056	989	13182	3585	275	526	0	101792
	Acumulado	180113	502140	127570	1210598	325117	656062	264390	89413	
Abril	<i>Mês</i>	952	3335	869	12443	2722	237	465	110	103553
	Acumulado	181065	505475	128439	1223041	327839	656299	264855	89523	
Maio	<i>Mês</i>	1182	4203	1229	12373	3233	5974	496	735	95568
	Acumulado	182247	509678	129668	1235414	331072	662273	265351	90258	
Junho	<i>Mês</i>	1183	4560	1315	13031	3070	31401	513	4538	171972
	Acumulado	183430	514238	130983	1248445	334142	693674	265864	94796	
Julho	<i>Mês</i>	1089	3999	1218	11139	2718	34687	451	4619	214079
	Acumulado	184519	518237	132201	1259584	336860	728361	266315	99415	
Agosto	<i>Mês</i>	338	1349	308	13559	2976	30904	505	62	117549
	Acumulado	184857	519586	132509	1273143	339836	759265	266820	99477	
Setembro	<i>Mês</i>	1219	4654	1350	13099	3129	22549	533	2831	150491
	Acumulado	186076	524240	133859	1286242	342965	781814	267353	102308	
Outubro	<i>Mês</i>	1289	3861	1108	10213	2592	5854	472	175	133483
	Acumulado	187365	528101	134967	1296455	345557	787668	267825	102483	
Novembro	<i>Mês</i>	1678	3736	1051	9922	2601	269	524	65	111557
	Acumulado	189043	531837	136018	1306377	348158	787937	268349	102548	
Dezembro	<i>Mês</i>	1238	2449	614	8927	2778	252	488	59	108052
	Acumulado	190281	534286	136632	1315304	350936	788189	268837	102607	1536371
		<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>

2018		Cantina e bar			Biotério		Chiller´s			TOTAL DO EDIFÍCIO
		AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3	
Acumulado 2017		190281	534286	136632	1315304	350936	788189	268837	102607	
Janeiro	<i>Mês</i>	1658	3515	942	7149	3097	249	484	60	107266
	Acumulado	191939	537801	137574	1322453	354033	788438	269321	102667	
Fevereiro	<i>Mês</i>	1674	3633	925	7524	3088	263	509	65	117060
	Acumulado	193613	541434	138499	1329977	357121	788701	269830	102732	
Março	<i>Mês</i>	1515	3281	875	7301	3402	253	488	57	107936
	Acumulado	195128	544715	139374	1337278	360523	788954	270318	102789	
Abril	<i>Mês</i>	1587	3552	971	6852	2715	242	473	56	108744
	Acumulado	196715	548267	140345	1344130	363238	789196	270791	102845	
Maio	<i>Mês</i>	1643	3923	1239	6798	3333	257	524	141	93101
	Acumulado	198358	552190	141584	1350928	366571	789453	271315	102986	
Junho	<i>Mês</i>	1499	4018	1310	6562	3008	5116	12069	1113	106141
	Acumulado	199857	556208	142894	1357490	369579	794569	283384	104099	
Julho	<i>Mês</i>	1562	3928	1313	6529	2806	8165	31738	3883	161826
	Acumulado	201419	560136	144207	1364019	372385	802734	315122	107982	
Agosto	<i>Mês</i>	990	2556	369	7105	2426	7335	45734	1745	162660
	Acumulado	202409	562692	144576	1371124	374811	810069	360856	109727	
Setembro	<i>Mês</i>	1728	4080	1411	5465	2102	3213	44612	5368	172885
	Acumulado	204137	566772	145987	1376589	376913	813282	405468	115095	
Outubro	<i>Mês</i>	1793	4191	1391	7804	2932	489	12230	548	142101
	Acumulado	205930	570963	147378	1384393	379845	813771	417698	115643	
Novembro	<i>Mês</i>	1818	4037	1182	7318	3006	267	519	61	111962
	Acumulado	207748	575000	148560	1391711	382851	814038	418217	115704	
Dezembro	<i>Mês</i>	1514	3384	1034	6625	3207	284	567	63	110398
	Acumulado	209262	578384	149594	1398336	386058	814322	418784	115767	1502080
		<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>	<i>Kw/h</i>

2019		Cantina e bar			Biotério		Chiller's			TOTAL DO EDIFÍCIO
		AVAC	Cantina	Bar	AVAC	Biotério	GAA1	GAA2	GAA3	
Acumulado 2018		209262	578384	149594	1398336	386058	814322	418784	115757	
Janeiro	Mês	1593	3687	936	6702	3271	245	451	68	107967
	Acumulado	210855	582071	150530	1405038	389329	814567	419235	115825	
Fevereiro	Mês	1410	3276	807	6587	2706	224	435	50	117050
	Acumulado	212265	585347	151337	1411625	392035	814791	419670	115875	
Março	Mês	1454	3614	924	7242	3076	236	462	53	103060
	Acumulado	213719	588961	152261	1418867	395111	815027	420132	115928	
Abril	Mês	1391	3669	938	7311	3065	257	500	58	101701
	Acumulado	215110	592630	153199	1426178	398176	815284	420632	115986	
Maio	Mês	1534	4496	1421	7386	3355	3915	1089	911	84775
	Acumulado	216644	597126	154620	1433564	401531	819199	421721	116897	
Junho	Mês	1492	4183	1366	7675	2937	246	23775	1311	122925
	Acumulado	218136	601309	155986	1441239	404468	819445	445496	118208	
Julho	Mês	1454	4220	1380	7781	2645	14137	25154	4374	164120
	Acumulado	219590	605529	157366	1449020	407113	833582	470650	122582	
Agosto	Mês	943	3255	945	7675	1805	17338	479	178	135819
	Acumulado	220533	608784	158311	1456695	408918	850920	471129	122760	
Setembro	Mês	1482	3963	1337	5639	1875	8754	7345	2257	139123
	Acumulado	222015	612747	159648	1462334	410793	859674	478474	125017	
Outubro	Mês	1944	5376	1746	8498	3133	296	11533	404	134524
	Acumulado	223959	618123	161394	1470832	413926	859970	490007	125421	
Novembro	Mês	1429	3889	1197	4916	2504	225	440	1049	117039
	Acumulado	225388	622012	162591	1475748	416430	860195	490447	126470	
Dezembro	Mês	1531	3349	971	9482	2550	250	496	-939	113383
	Acumulado	226919	625361	163562	1485230	418980	860445	490943	125531	1441486
		Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h	Kw/h

2017 - Consumo de Gás		FCS	Cantina	Total do Edifício
Acumulado 2016		641567	48776	690343
Janeiro	Mês	16501	401	16902
	Acumulado	658068	49177	707245
Fevereiro	Mês	12312	444	12756
	Acumulado	670380	49621	720001
Março	Mês	9486	634	10120
	Acumulado	679866	50255	730121
Abril	Mês	4012	355	4367
	Acumulado	683878	50610	734488
Maio	Mês	2400	473	2873
	Acumulado	686278	51083	737361
Junho	Mês	167	297	464
	Acumulado	686445	51380	737825
Julho	Mês	150	265	415
	Acumulado	686595	51645	738240
Agosto	Mês	0	0	0
	Acumulado	686595	51645	738240
Setembro	Mês	291	461	752
	Acumulado	686886	52106	738992
Outubro	Mês	233	404	637
	Acumulado	687119	52510	739629
Novembro	Mês	9410	637	10047
	Acumulado	696529	53147	749676
Dezembro	Mês	11766	293	12059
	Acumulado	708295	53440	761735

2018 - Consumo de Gás		FCS	Cantina	Total do Edifício
Acumulado 2017		708295	53440	761735
Janeiro	Mês	15858	572	16430
	Acumulado	724153	54012	778165
Fevereiro	Mês	15973	588	16561
	Acumulado	740126	54600	794726
Março	Mês	14982	468	15450
	Acumulado	755108	55068	810176
Abril	Mês	6322	452	6774
	Acumulado	761430	55520	816950
Maio	Mês	466	494	960
	Acumulado	761896	56014	817910
Junho	Mês	210	369	579
	Acumulado	762106	56383	818489
Julho	Mês	128	256	384
	Acumulado	762234	56639	818873
Agosto	Mês	15	27	42
	Acumulado	762249	56666	818915
Setembro	Mês	210	364	574
	Acumulado	762459	57030	819489
Outubro	Mês	1314	494	1808
	Acumulado	763773	57524	821297
Novembro	Mês	14445	560	176357
	Acumulado	939570	58084	997654
Dezembro	Mês	13771	325	14096
	Acumulado	953341	58409	1011750

2018 - Consumo de Gás		FCS	Cantina	Total do Edifício
Acumulado 2018		953341	58409	1011750
Janeiro	<i>Mês</i>	17580	564	18144
	Acumulado	970921	58973	1029894
Fevereiro	<i>Mês</i>	13164	470	13634
	Acumulado	984085	59443	1043528
Março	<i>Mês</i>	9942	492	10434
	Acumulado	994027	59935	1053962
Abril	<i>Mês</i>	5317	429	5746
	Acumulado	999344	60364	1059708
Mai	<i>Mês</i>	361	495	856
	Acumulado	999705	60859	1060564
Junho	<i>Mês</i>	293	364	657
	Acumulado	999998	61223	1061221
Julho	<i>Mês</i>	121	232	353
	Acumulado	1000119	61455	1061574
Agosto	<i>Mês</i>	3	28	31
	Acumulado	1000122	61483	1061605
Setembro	<i>Mês</i>	290	373	663
	Acumulado	1000412	61856	1062268
Outubro	<i>Mês</i>	4377	614	4991
	Acumulado	1004789	62470	1067259
Novembro	<i>Mês</i>	11495	481	11976
	Acumulado	1016284	62951	1079235
Dezembro	<i>Mês</i>	14353	309	14662
	Acumulado	1030637	63260	1093897

Anexo III

Technical data

8.2 Technical data

SLS BLN/LN		1202	1402	1602	1802	1902	2002	2202	2402
Nominal voltage	V/ph/Hz	400/3/50							
Number of circuits		2	2	2	2	2	2	2	2
Number of steps		6	6	6	6	6	6	6	6
Capacity steps	%	25	25	25	25	25	25	25	25

Refrigerant

Type		R407C							
Charge BLN (1)	kg	38+38	49+49	45+45	59+59	63+63	59+59	74+74	77+77
Charge LN (1)	kg	38+38	44+44	51+51	59+59	63+63	69+69	74+74	77+77

Compressors

Type		Screw							
Number		2	2	2	2	2	2	2	2
Start-up type		Part-Winding						Y/Δ	

Evaporator

Type		Plate type							
Number		1	1	1	1	1	1	1	1
Minimum water content	l	26	26	33	40	40	40	50	50

Condenser

Type		Coil type (Al/Cu)							
------	--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--

Hydraulic connections

Type		Gas threaded male type							
Inlet diameter	inch	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"
Outlet diameter	inch	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"	3"

Weights

Shipping	kg	3430	3850	3890	3960	4390	4760	5480	5840
Operating	kg	3456	3876	3923	4000	4430	4800	5530	5890

Dimensions

Length	mm	4030	4030	4030	4030	4030	4030	6000	6000
Width	mm	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
Height	mm	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550

(1) Indicative value. Always refer to the value specified on the unit's label.

Technical data

SLS BLN/LN		2602	3002	3402	3802	4202	3804	4004
Nominal voltage	V/ph/Hz	400/3/50						
Number of circuits		2	2	2	2	2	4	4
Number of steps		6	6	6	6	6	12	12
Capacity steps	%	25	25	25	25	25	12.5	12.5

Refrigerant

Type		R407C						
Charge BLN (1)	kg	82+82	86+86	80+80	94+94	94+94	63+63/63+63	69+69/69+69
Charge LN (1)	kg	82+82	86+86	90+90	94+94	94+94	63+63/63+63	69+69/69+69

Compressors

Type		Screw						
Number		2	2	2	2	2	4	4
Start-up type		Y/Δ					Part-Winding	

Evaporator

Type		Plate type	Shell & Tube				Plate type	
Number		1	1	1	1	1	2	2
Minimum water content	l	50	207	207	222	222	40	40

Condenser

Typo		Coil type (Al/Cu)						
------	--	-------------------	--	--	--	--	--	--

Hydraulic connections

Type		Gas thre. male	To be welded				Gas threaded male type	
Inlet diameter	inch	3"	8"	8"	8"	8"	3"	3"
Outlet diameter	inch	3"	8"	8"	8"	8"	3"	3"

Weights

Shipping	kg	6110	6470	6610	8740	8850	8780	9520
Operating	kg	6160	6677	6817	8962	9072	8860	9620

Dimensions

Length	mm	6000	6000	6000	8040	8040	8070	8070
Width	mm	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
Height	mm	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550

(1) Indicative value. Always refer to the value specified on the unit's label.

8.3 Electrical data

SLS BLN/LN		1202	1402	1602	1802	1902	2002	2202	2402
Nominal voltage	V(%)·ph-Hz	400 ±10% / 3 / 50							
Nominal power input	kW	106	126	142	166	173	190	205	220
Max power input	kW	125	147	167	208	203	236	241	280
Nominal current	A	191	227	256	300	312	342	370	396
Max. current (FLA)	A	208	272	304	356	368	392	424	464
Max. start-up current (LRA)	A	456	391	473	568	645	678	445	497
External fuses	(A)	315	315	315	400	400	400	500	500
Wire cross area (1)	mm ²	240	240	240	2x120	2x120	2x120	2x150	2x150

SLS BLN/LN		2602	3002	3402	3802	4202	3804	4004
Nominal voltage	V(%)·ph-Hz	400 ±10% / 3 / 50						
Nominal power input	kW	239	266	293	317	381	173+173	190+190
Max power input	kW	281	313	341	434	520	203+203	236+236
Nominal current	A	429	480	528	552	663	312+312	331+331
Max. current (FLA)	A	482	530	588	708	796	368+368	392+392
Max. start-up current (LRA)	A	544	586	690	744	901	912	962
External fuses	(A)	630	630	630	800	1000	400+400	400+400
Wire cross area (1)	mm ²	2x185	2x185	2x185	2x300	2x300	2x120+2x120	2x120+2x120

(1) The dimensioning of the unit's power cables is the responsibility of the installer, who shall consider: the rating, the maximum working temperature in the room, the type of insulation and the cable laying, the maximum length of the power supply line.

Compressors Electrical Data

Compressors SLS		1202	1402	1602	1802	1902	2002	2202	2402
Number	n°	2	2	2	2	2	2	2	2
Nominal power input	kW	2x49	2x57	2x65	2x75	2x79	2x87	2x95	2x102
Max power input	kW	2x58	2x68	2x77	2x96	2x94	2x110	2x113	2x132
Nominal current	A	2x87	2x102	2x116	2x134	2x140	2x155	2x169	2x182
Max. current (FLA)	A	2x96	2x124	2x140	2x162	2x168	2x180	2x196	2x216
Max. start-up current (LRA)	A	2x373	2x280	2x351	2x423	2x495	2x520	2x276	2x314
Oil treater power input	W	200	200	200	200	200	300	200	300

Compressors SLS		2602	3002	3402	3802	4202	3804	4004
Number	n°	2	2	2	2	2	4	4
Nominal power input	kW	2x111	2x123	2x135	2x147	2x177	4x79	4x87
Max power input	kW	2x132	2x147	2x158	2x205	2x246	4x94	4x110
Nominal current	A	2x199	2x220	2x240	2x252	2x304	4x140	4x150
Max. current (FLA)	A	2x225	2x245	2x270	2x330	2x370	4x168	4x180
Max. start-up current (LRA)	A	2x354	2x374	2x453	2x465	2x586	4x495	4x520
Oil treater power input	W	275	275	275	300	300	200	300

Fans Electrical Data

Standard fans SLS BLN/LN		1202	1402	1602	1802	1902	2002	2202	2402
Power supply	V·ph-Hz	400 ±10% / 3 / 50							
Number	n°	4	6	6	8	8	8	8	8
Rated power per fan	kW	2	2	2	2	2	2	2	2
Max. absorbed current per fan	A	4	4	4	4	4	4	4	4

Standard fans SLS BLN/LN		2602	3002	3402	3802	4202	3804	4004
Power supply	V·ph-Hz	400 ±10% / 3 / 50						
Number	n°	8	10	12	12	14	16	16
Rated power per fan	kW	2	2	2	2	2	2	2
Max. absorbed current per fan	A	4	4	4	4	4	4	4

Anexo IV

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	2017			Cantina e bar				Biotério			Chiller's		
2				AVAC	Cantina	Bar		AVAC	Biotério		GAA1	GAA2	GAA3
3	Acumulado 2016			176011	489579	124924		1177821	314900		655289	262925	89302
4	Janeiro	Mês		1390	5102	920		10362	3715		267	507	63
5		Acumulado		177401	494681	125844		1188183	318615		655556	263432	89365
6								1277548					
7	Fevereiro	Mês		1109	3403	737		9233	2917		231	432	48
8		Acumulado		178510	498084	126581		1197416	321532		655787	263864	89413
9								1286829					
10	Março	Mês		1603	4056	989		13182	3585		275	526	0
11		Acumulado		180113	502140	127570		1210598	325117		656062	264390	89413
12								1300011					
13	Abril	Mês		952	3335	869		12443	2722		237	465	110
14		Acumulado		181065	505475	128439		1223041	327839		656299	264855	89523
15								1312564					
16	Maio	Mês		1182	4203	1229		12373	3233		5974	496	735
17		Acumulado		182247	509678	129668		1235414	331072		662273	265351	90258
18								1325672					
19	Junho	Mês		1183	4560	1315		13031	3070		31401	513	4538
20		Acumulado		183430	514238	130983		1248445	334142		693674	265864	94796
21								1343241					
22	Julho	Mês		1089	3999	1218		11139	2718		34687	451	4619
23		Acumulado		184519	518237	132201		1259584	336860		728361	266315	99415
24								1358999					
25	Agosto	Mês		338	1349	308		13559	2976		30904	505	62
26		Acumulado		184857	519586	132509		1273143	339836		759285	266820	99477
27								1372620					
28	Setembro	Mês		1219	4654	1350		13099	3129		22549	533	2831
29		Acumulado		186076	524240	133859		1286242	342965		781814	267353	102308
30								1388550					
31	Outubro	Mês		1289	3861	1108		10213	2592		5854	472	175
32		Acumulado		187365	528101	134967		1296455	345557		787668	267825	102483
33								1398938					
34	Novembro	Mês		1678	3736	1051		9922	2601		269	524	65
35		Acumulado		189043	531837	136018		1306377	348158		787937	268349	102548
36								1408925					
37	Dezembro	Mês		1238	2449	614		8927	2778		252	488	59
38		Acumulado		190281	534286	136632		1315304	350936		788189	268837	102607
39								1417911					
40	Média Mensal			1189,2	3725,6	975,7		11456,9	3003,0		11075,0	492,7	1108,8
41	Total				5890,4			14459,9				12676,4	
42	Cons médio mensal / m2				11,5			23,0					

	N	O	P	Q	R	S
1	TOTAL DO EDIFÍCIO kwh	Consumo Mensal por área (kwh/m2)	% Mensal do Consumo Total do Edifício	Consumo Mensal Total dos AVAC, Cantina e Biotério kwh	Consumo Mensal Geral (Iluminação, tomadas e outros equipamentos) kwh	Consumo Mensal por área (kwh/m2)
3						
4	108334	5,0	7,1%	22326	86008	4,0
5						
6						
7	119941	5,6	7,8%	18110	101831	4,7
8						
9						
10	101792	4,7	6,6%	24216	77576	3,6
11						
12						
13	103553	4,8	6,7%	21133	82420	3,8
14						
15						
16	95568	4,4	6,2%	29425	66143	3,1
17						
18						
19	171972	8,0	11,2%	59611	112361	5,2
20						
21						
22	214079	10,0	13,9%	59920	154159	7,2
23						
24						
25	117549	5,5	7,7%	50001	67548	3,1
26						
27						
28	150491	7,0	9,8%	49364	101127	4,7
29						
30						
31	133483	6,2	8,7%	25564	107919	5,0
32						
33						
34	111557	5,2	7,3%	19846	91711	4,3
35						
36						
37	108052	5,0	7,0%	16805	91247	4,2
38						
39	1536371		100,0%	396321	1140050	
40	128030,9	6,0		33026,8	95004,2	4,4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	2019			Cantina e bar				Biotério			Chiller's		
2				AVAC	Cantina	Bar		AVAC	Biotério		GAA1	GAA2	GAA3
3	Acumulado 2018			209262	578384	149594		1398336	386058		814322	418784	115757
4	Janeiro	Mês		1593	3687	936		6702	3271		245	451	68
5		Acumulado		210855	582071	150530		1405038	389329		814567	419235	115825
6								1520863					
7	Fevereiro	Mês		1410	3276	807		6587	2706		224	435	50
8		Acumulado		212265	585347	151337		1411625	392035		814791	419670	115875
9								1527500					
10	Março	Mês		1454	3614	924		7242	3076		236	462	53
11		Acumulado		213719	588961	152261		1418867	395111		815027	420132	115928
12								1534795					
13	Abril	Mês		1391	3669	938		7311	3065		257	500	58
14		Acumulado		215110	592630	153199		1426178	398176		815284	420632	115986
15								1542164					
16	Maio	Mês		1534	4496	1421		7386	3355		3915	1089	911
17		Acumulado		216644	597126	154620		1433564	401531		819199	421721	116897
18								1550461					
19	Junho	Mês		1492	4183	1366		7675	2937		246	23775	1311
20		Acumulado		218136	601309	155986		1441239	404468		819445	445496	118208
21								1559447					
22	Julho	Mês		1454	4220	1380		7781	2645		14137	25154	4374
23		Acumulado		219590	605529	157366		1449020	407113		833582	470650	122582
24								1571602					
25	Agosto	Mês		943	3255	945		7675	1805		17338	479	178
26		Acumulado		220533	608784	158311		1456695	408918		850920	471129	122760
27								1579455					
28	Setembro	Mês		1482	3963	1337		5639	1875		8754	7345	2257
29		Acumulado		222015	612747	159648		1462334	410793		859674	478474	125017
30								1587351					
31	Outubro	Mês		1944	5376	1746		8498	3133		296	11533	404
32		Acumulado		223959	618123	161394		1470832	413926		859970	490007	125421
33								1596253					
34	Novembro	Mês		1429	3889	1197		5916	2504		225	440	49
35		Acumulado		225388	622012	162591		1476748	416430		860195	490447	125470
36								1602218					
37	Dezembro	Mês		1531	3349	971		8482	2550		250	496	61
38		Acumulado		226919	625361	163562		1485230	418980		860445	490943	125531
39								1610761					
40	Média Mensal			1471,4	3914,8	1164,0		7241,2	2743,5		3843,6	6013,3	814,5
41	Total			6550,2				9984,7			10671,3		
42	Cons médio mensal / m2			12,8				15,8					

	N	O	P	Q	R	S
1	TOTAL DO EDIFÍCIO kwh	Consumo Mensal por área (kwh/m2)	% Mensal do Consumo Total do Edifício	Consumo Mensal Total dos AVAC, Cantina e Biotério kwh	Consumo Mensal Geral (Iluminação, tomadas e outros equipamentos) kwh	Consumo Mensal por área (kwh/m2)
2						
3						
4	107967	5,0	7,5%	16953	91014	4,2
5						
6						
7	117050	5,4	8,1%	15495	101555	4,7
8						
9						
10	103 060	4,8	7,1%	17061	85999	4,0
11						
12						
13	101 701	4,7	7,1%	17189	84512	3,9
14						
15						
16	84 775	3,9	5,9%	24107	60668	2,8
17						
18						
19	122 925	5,7	8,5%	42985	79940	3,7
20						
21						
22	164 120	7,6	11,4%	61145	102975	4,8
23						
24						
25	135 819	6,3	9,4%	32618	103201	4,8
26						
27						
28	139 123	6,5	9,7%	32652	106471	5,0
29						
30						
31	134 524	6,3	9,3%	32930	101594	4,7
32						
33						
34	117 039	5,4	8,1%	15 649	101 390	4,7
35						
36						
37	113 383	5,3	7,9%	17 690	95 693	4,5
38						
39	1441486		100,0%	326474	1115012	
40	120123,8	5,6		27206,2	92917,7	4,3

Anexo V

Consumo Total Requerido pelo Sistema					
Fonte	Consumo	Total	Unidade	PCT - Percentual do Consumo Total	Comparação em relação ao ano anterior
Elet	Consumo AVAC, Cantina e Biotério 2017	396321	kWh	25,8%	
Elet	Consumo AVAC, Cantina e Biotério 2018	383435	kWh	25,5%	-3,25%
Elet	Consumo AVAC, Cantina e Biotério 2019	326474	kWh	22,6%	-14,86%
Elet	Consumo Médio Anual Geral Total AVAC, Cantina e Biotério	368743	kWh	24,7%	
Elet	Consumo Equip e Ilum Biotério 2017	36036	kWh	2,3%	
Elet	Consumo Equip e Ilum Biotério 2018	35122	kWh	2,3%	-2,54%
Elet	Consumo Equip e Ilum Biotério 2019	32922	kWh	2,3%	-6,26%
Elet	Consumo Equip e Ilum Biotério médio anual Geral	34693	kWh	2,3%	
Elet	Consumo AVAC Biotério 2017	137483	kWh	8,9%	
Elet	Consumo AVAC Biotério 2018	83032	kWh	5,5%	-39,61%
Elet	Consumo AVAC Biotério 2019	86894	kWh	6,0%	4,65%
Elet	Consumo AVAC Biotério médio anual Geral	102470	kWh	6,9%	
Elet	Consumo Total Biotério 2017	173519	kWh	11,3%	
Elet	Consumo Total Biotério 2018	118154	kWh	7,9%	-31,91%
Elet	Consumo Total Biotério 2019	119816	kWh	8,3%	1,41%
Elet	Consumo Médio Anual Geral Total Biotério	137163	kWh	9,2%	
Elet	Consumo médio anual por m2	217,7	kWh/m2		
Elet	Consumo Equip e Ilum Cantina/Bar 2017	56415	kWh	3,7%	
Elet	Consumo Equip e Ilum Cantina/Bar 2018	57060	kWh	3,8%	1,14%
Elet	Consumo Equip e Ilum Cantina/Bar 2019	60945	kWh	4,2%	6,81%
Elet	Consumo Equip e Ilum Cantina/Bar médio anual Geral	58140	kWh	3,9%	
Elet	Consumo AVAC Cantina/Bar 2017	14270	kWh	0,9%	
Elet	Consumo AVAC Cantina/Bar 2018	18981	kWh	1,3%	33,01%
Elet	Consumo AVAC Cantina/Bar 2019	17657	kWh	1,2%	-6,98%
Elet	Consumo AVAC Cantina/Bar médio anual Geral	16969	kWh	1,1%	
Elet + Prop	Consumo Total Cantina/Bar 2017	119890,2	kWh	5,2%	
Elet + Prop	Consumo Total Cantina/Bar 2018	128442,85	kWh	5,3%	7,13%
Elet + Prop	Consumo Total Cantina/Bar 2019	129780,05	kWh	5,6%	1,04%
Elet + Prop	Consumo Total Cantina/Bar médio anual Geral	126038	kWh	5,4%	
Prop	Consumo Propano Cantina 2017	49205	kWh	6,5%	
Prop	Consumo Propano Cantina 2018	52402	kWh	5,6%	6,50%
Prop	Consumo Propano Cantina 2019	51178	kWh	5,9%	-2,34%
Prop	Consumo Médio Anual Geral Total Propano Cantina	50928	kWh	6,0%	
Prop	Consumo médio anual por m2	247,1	kWh/m2		
Elet	Consumo AVAC e Chillers (GAA1 e GAA2) 2017	290565	kWh	18,9%	
Elet	Consumo AVAC e Chillers (GAA1 e GAA2) 2018	278093	kWh	18,5%	-4,29%
Elet	Consumo AVAC e Chillers (GAA1 e GAA2) 2019	222833	kWh	15,5%	-19,87%
Elet	Consumo Médio Anual Geral Total AVAC e Chillers	263830	kWh	17,7%	
Elet	Consumo Chiller GAA3 2017	13305	kWh	0,9%	
Elet	Consumo Chiller GAA3 2018	13160	kWh	0,9%	-1,09%
Elet	Consumo Chiller GAA3 2019	9774	kWh	0,7%	-25,73%
Elet	Consumo Médio Anual Geral Total Chiller GAA3	12080	kWh	0,8%	
Prop	Consumo Propano FCS 2017	703980,4	kWh	93,5%	
Prop	Consumo Propano FCS 2018	882971,7	kWh	94,4%	25,43%
Prop	Consumo Propano FCS 2019	815472,8	kWh	94,1%	-7,64%
Prop	Consumo Médio Anual Geral Total Propano FCS	800808	kWh	94,0%	
Elet	Consumo Geral Ilum, Tomadas e Equip Labs 2017	1140050	kWh	74,2%	
Elet	Consumo Geral Ilum, Tomadas e Equip Labs 2018	1118645	kWh	74,5%	-1,88%
Elet	Consumo Geral Ilum, Tomadas e Equip Labs 2019	1115012	kWh	77,4%	-0,32%
Elet	Consumo Médio Anual Geral Total (Tomadas, Equip e Labs)	1124569	kWh	75,3%	
Elet	Consumo Elétrico Sistema 2017	1536371	kWh	100,0%	
Elet	Consumo Elétrico Sistema 2018	1502080	kWh	100,0%	-2,23%
Elet	Consumo Elétrico Sistema 2019	1441486	kWh	100,0%	-4,03%
Elet	Consumo Elétrico Médio Anual Geral Total do Sistema	1493312	kWh	100,0%	
Elet	Consumo elétrico médio anual por m2	69,5	kWh/m2		
Prop	Consumo Propano Sistema 2017	753185,6	kWh	100,0%	
Prop	Consumo Propano Sistema 2018	935373,55	kWh	100,0%	24,19%
Prop	Consumo Propano Sistema 2019	866650,85	kWh	100,0%	-7,35%
Prop	Consumo Propano médio anual Total do Sistema	851737	kWh	100,0%	
Prop	Consumo elétrico médio anual por m2	39,6	kWh/m2		
Elet + Prop	Consumo Total Sistema 2017	2289556,6	kWh		
Elet + Prop	Consumo Total Sistema 2018	2437453,55	kWh		
Elet + Prop	Consumo Total Sistema 2019	2308136,85	kWh		
Elet + Prop	Consumo médio anual Total do Sistema	2345049	kWh		
Elet + Prop	Consumo elétrico médio anual por m2	109,1	kWh/m2		
Elet + Prop	Consumo médio mínimo anual with KNX	1329048	kWh		
Elet + Prop	Consumo médio máximo anual with KNX	1030385,5	kWh		

Anexo VI

Thermosiphon Kf and Kf Free Heat Closed Circuit Systems

These systems are suitable for multiple installations. They are suitable for frost and harsh water regions.

Kf and Kf Free Heat Systems

Model	150 tank	151 system	180 tank	181 system	182 system	220 tank	221 system	222 system	300 tank	301 system	302 system	303 system	440 tank	443 system	444 system	
Tank model																
Kf	150J	✓	180J	✓	✓	220J	✓	✓	300J	✓	✓	✓	440J	✓	✓	
Kf Free Heat	150F		180F	✓	✓	220F	✓	✓	300F		✓	✓	440F	✓	✓	
Collector model		Kf		Kf	✓		Kf	Kf		Kf	Kf	Kf		Kf	Kf	
No of collectors		1		1	2		1	2		1	2	3		3	4	
HartStat OTP	optional	-	✓	-	✓	✓ [†]	-	NA	✓ [†]	-	NA	✓ [†]	✓ [†]	-	✓ [†]	✓ [†]
Storage capacity	litres	150	150	180	180	180	220	220	220	300	300	300	300	440	440	440
	US gal	40	40	48	48	48	58	58	58	80	80	80	80	116	116	116
Delivery capacity (solar)	litres	130	130	160	160	160	200	200	200	260	260	260	260	400	400	400
	US gal	34	34	42	42	42	53	53	53	68	68	68	68	106	106	106
Boost capacity (electric or gas)	litres	75	75	90	90	90	110	110	110	150	150	150	150	220	220	220
	US gal	20	20	24	24	24	29	29	29	40	40	40	40	58	58	58
Weight empty	kg	56	102	66	108	154	78	124	170	99	145	187	229	148	290	320
	lbs	123	225	146	238	340	172	273	375	218	320	412	505	326	639	705
Weight full	kg	206	256	245	292	338	298	348	394	399	449	495	541	588	730	776
	lbs	454	564	540	644	745	657	767	869	880	990	1091	1193	1296	1609	1711
A - Width*	m	1.40	1.40	1.62	1.62	2.42	1.88	2.04	2.42	2.43	2.43	3.38	3.41	3.49	4.44	
	in	55.1	55.1	63.8	63.8	95.3	74.0	80.3	95.3	95.7	95.7	133.1	134.3	137.4	174.8	
B - Length*	m	0.51	2.63	0.51	2.63	2.63	0.51	1.64	2.63	0.51	1.64	2.63	2.63	0.51	2.63	2.63
	in	20.1	103.5	20.1	103.5	103.5	20.1	64.6	103.5	20.1	64.6	103.5	103.5	20.1	103.5	103.5

* An additional 0.9m (35.4in) should be left on all four sides of the installation for safe access and servicing.

NA - Not available.

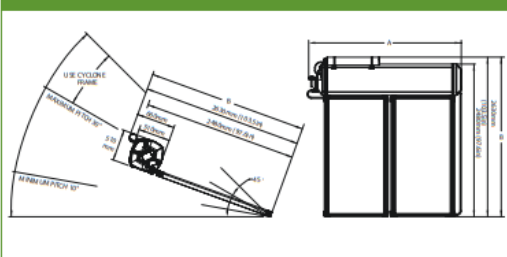
[†] HartStat OTP is mandatory on these models in Australia and New Zealand.

The Kf and Kf Free Heat systems (if installed with a HartStat OTP system) can be installed as a solar preheater with an in-line Solahart gas booster water heater. Refer to the Solahart gas booster specification sheet for further details on the gas booster.

Kf Collector

Aperture (heating) area	m ²	1.87	ft ²	20	
Dimensions	length	mm	1937	in	76.3
	width	mm	1022	in	40.3
	height	mm	77	in	3.0
Capacity	litres	3.5	US gal	0.9	
Weight	empty	kg	42	lbs	93
	full	kg	46	lbs	101
Working pressure	kPa	80	psi	12	
Absorber surface	Chromonyx selective surface				
Absorber material	steel				
Riser material	steel				
Number of risers	35				
Tray material	0.7mm aluminium				
Insulation material (base)	38mm glass wool blanket				
Glass	3.2mm tempered low iron				

Kf and Kf Free Heat



Electric Boost Specifications

Heating unit type*	Copper sheath immersion element			
Supply voltage	220 V – 250 V			
Recovery rate @ 240 V and temperature rise of:				
Rating kW	Current Amps	30°C litres/hour	40°C litres/hour	50°C litres/hour
1.8	8	51	39	31
2.4	10	68	52	41
3.0	13	86	64	52
3.6	15	103	77	62
4.8	20	137	103	83

*A bobbin element (2.5 kW) is available for hard or corrosive water areas.

Gas Boost (In Tank - Optional) Specifications

Model type*	FD15 gas booster fan forced
Burner rating - Input/Output	13 MJ/h / 10 MJ/h (2.8kW)
Recovery rate	59 litres per hour @ 40°C rise
Primary voltage	220 V – 250 V
Secondary voltage	12 V DC

*Suitable for hard or corrosive water areas.

Water Supply

TPR valve setting	kPa	1000	psi	145	
ECV* setting	kPa	850	psi	125	
Max. supply pressure	with ECV	kPa	680	psi	100
	without ECV	kPa	800	psi	115
Water Connections	cold	RP ¾ / 20			
	hot	R ½ / 15			

*Expansion Control Valve.



Solahart Australia Tel: 1300 769 475 • Solahart International Tel: +61 8 9351 4600 • www.solahart.com.au

SM03 - June 2008

Anexo VII

Possibilidades de Instalação												
Tipo	Fabricante	Modelo Turbina	Altura (m)	Área Varrida (m ²)	Diâmetro (m)	Distância entre as Turbinas (m)	Área Total Requerida por Turbina (m ²)	Potência kW por Velocidade (m/s)	Velocidade Min (m/s)	Nº de Turbinas	Potência Instalada (kW)	
Gorlov	UGE	Hoyt	1,3	0,84	1,03	4,1	86,6	0,2	12	41	3	
Gorlov	UGE	Vision Air 3	3,2	5,76	2,71	10,8	594,0	1	14	6	2	
Gorlov	UGE	4K GT	4,6	13,8	4,19	16,8	1423,2	4	12	3	3	
Gorlov	UGE	Vision Air 5	5,2	4	2,26	9,0	412,5	3,2	14	9	8	
Darrieus	Venger Wind	V300	1	1	1,13	4,5	103,1	0,3	14	35	3	
Darrieus	Ragsolar	SL30	3,5	10,5	3,66	14,6	1082,9	3	12	3	3	
Darrieus	Kessler	Splwind	14,2	40	7,14	28,5	4125,3	10	12	3	3	
Darrieus	Freetree	Freetree	1,9	3,5	2,11	8,4	361,0	1,2	14	10	3	
Savonius	Helixwind turbine	S594	6	5,88	2,74	5	162,2	4,5	7	22	57	
Savonius	Helixwind turbine	S322	3,3	3,19	2,02	5	144,4	2	7	25	28	
Savonius	Venger Wind	V1	3,6	3,4	2,08	5	145,9	2	18,5	24	11	
Savonius	Venger Wind	V2	5,7	6,2	2,81	5	164,1	4,5	20,5	22	19	
Savonius	Venger Wind	V2 Turbo	5,7	6,2	2,81	5	164,1	4,5	15,2	22	26	
Savonius	Klux	Zebra	3,1	7,3	3,05	5	170,3	1,8	6	21	25	
Savonius	Turbina Energy	1kw	1,9	2	1,60	5	134,5	1	14	27	8	
Savonius	Turbina Energy	4kw	3,2	6,7	2,92	5	166,9	4	14	21	24	
Savonius	Sauer Energy	Wind Charger	1,8	1,68	1,46	5	131,4	2	11,1	27	20	